



Esta obra está bajo una [Licencia
Creative Commons Atribución-
NoComercial-Compartirigual 2.5 Perú](http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/).

Vea una copia de esta licencia en

<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA



**COMPARATIVO DE TRES ABONOS FOLIARES
CONVENCIONALES EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO
DE PLANTONES DE CAFÉ (*Coffea arabica*), USANDO LA
VARIEDAD CATIMOR BAJO CONDICIONES DE VIVERO EN EL
DISTRITO DE SHUNTÉ, PROVINCIA DE TOCACHE**

**Tesis para optar el título profesional de
INGENIERO AGRÓNOMO**

PRESENTADO POR:

Bach. Hugo Estelistu Avila Benites

ASESOR:

Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez

Tarapoto - Perú

2017

UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN-TARAPOTO

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

ESCUELA PROFESIONAL DE AGRONOMÍA

TESIS

**COMPARATIVO DE TRES ABONOS FOLIARES
CONVENCIONALES EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO
DE PLANTONES DE CAFÉ (*Coffea arabica*), USANDO LA
VARIEDAD CATIMOR BAJO CONDICIONES DE VIVERO EN EL
DISTRITO DE SHUNTÉ, PROVINCIA DE TOCACHE**

PRESENTADO POR:

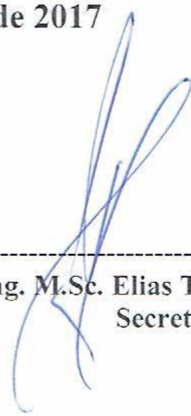
Bach. Hugo Estelistu Avila Benites

Sustentado y aprobado ante el honorable jurado

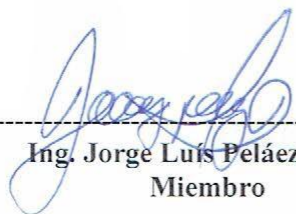
el día 20 de diciembre de 2017



Ing. M.Sc. Armando Duval Cueva Benavides
Presidente



Ing. M.Sc. Elias Torres Flores
Secretario



Ing. Jorge Luis Peláez Rivera
Miembro



Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramirez
Asesor

Declaración de Autenticidad

Yo, HUGO ESTELISTU AVILA BENITES, egresado(a) de la Facultad de CIENCIAS AGRARIAS de la Escuela Profesional de AGRONOMÍA, de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, identificado con DNI N° 44093132, Domiciliado en: Jr. FREDY ALIAGA Cdra. 15 - Tocache, con la tesis titulada: “COMPARATIVO DE TRES ABONOS FOLIARES CONVENCIONALES EN EL CRECIMIENTO Y DESARROLLO DE PLANTONES DE CAFÉ (*Coffea arabica*), USANDO LA VARIEDAD CATIMOR BAJO CONDICIONES DE VIVERO EN EL DISTRITO DE SHUNTÉ, PROVINCIA DE TOCACHE”.

Declaro bajo juramento que:

1. La tesis presentada es de mi autoría.
2. He respetado las normas internacionales de citas y referencias para las fuentes consultadas. Por tanto, la tesis no ha sido plagiada ni total ni parcialmente.
3. La tesis no ha sido auto plagiada; es decir, no ha sido publicada ni presentada anteriormente para obtener algún grado académico previo o título profesional.
4. Los datos presentados en los resultados que se presenten en la tesis se constituirán en aportes a la realidad investigada.

De considerar que el trabajo cuenta con una falta grave, como el hecho de contar con datos fraudulentos, demostrar indicios y plagio (al no citar la información con sus autores), plagio (al presentar información de otros trabajos como propios), falsificación (al presentar la información e ideas de otras personas de forma falsa), entre otros, asumo las consecuencias y sanciones que de mi acción se deriven, sometiéndose a la normatividad vigente de la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto.

Tarapoto, 20 de diciembre del 2017


.....
HUGO ESTELISTU AVILA BENITES
DNI N° 44093132



Formato de autorización NO EXCLUSIVA para la publicación de trabajos de investigación, conducentes a optar grados académicos y títulos profesionales en el Repositorio Digital de Tesis

1. Datos del autor:

Apellidos y nombres:	Avila Benites Hugo Estelista		
Código de alumno :	101303	0	Teléfono: 951609926
Correo electrónico :	abenitesh7@gmail.com		DNI: 44093132

(En caso haya más autores, llenar un formulario por autor)

2. Datos Académicos

Facultad de:	Ciencias Agrarias
Escuela Profesional de:	Agronomía

3. Tipo de trabajo de investigación

Tesis	(X)	Trabajo de investigación	()
Trabajo de suficiencia profesional	()		

4. Datos de trabajo de investigación

Título:	Comparativo de Tres abonos foliares convencionales en el crecimiento y desarrollo de plántones de Café (<i>Coffea arabica</i>), usando la variedad catimor bajo condiciones de vivero en el Distrito de Shunte, provincia de Tacache.
Año de publicación:	2017

5. Tipo de Acceso al documento

Acceso público *	(X)	Embargo	()
Acceso restringido **	()		

Si el autor elige el tipo de acceso abierto o público, otorga a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, una licencia **No Exclusiva**, para publicar, conservar y sin modificar su contenido, pueda convertirla a cualquier formato de fichero, medio o soporte, siempre con fines de seguridad, preservación y difusión en el Repositorio de Tesis Digital. Respetando siempre los Derechos de Autor y Propiedad Intelectual de acuerdo y en el Marco de la Ley 822.

En caso que el autor elija la segunda opción, es necesario y obligatorio que indiquen el sustento correspondiente:

6. Originalidad del archivo digital

Por el presente dejo constancia que el archivo digital que entrego a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, como parte del proceso conducente a obtener el Título Profesional o Grado Académico, es la versión final del trabajo de investigación sustentado y aprobado por el jurado.

7. Otorgamiento de una licencia *CREATIVE COMMONS*

Para investigaciones que son de acceso abierto se les otorgó una licencia *Creative Commons*, con la finalidad de que cualquier usuario pueda acceder a la obra, bajo los términos que dicha licencia implica.

<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/2.5/pe/>

El autor por medio de este documento, autoriza a la Universidad Nacional de San Martín – Tarapoto, publicar su trabajo de investigación en formato digital en el Repositorio Digital de Tesis, al cual se podrá acceder, preservar y difundir de forma libre y gratuita, de manera íntegra a todo el documento.

Según el Inciso 12.2, del Artículo 12° del Reglamento Nacional de Trabajos de Investigaciones para optar Grados Académicos y Títulos Profesionales –RENATI “**Las universidades, instituciones y escuelas de educación superior tienen como obligación registrar todos los trabajos de investigación y proyectos, incluyendo los metadatos en sus repositorios institucionales precisando si son de acceso abierto o restringido, los cuales serán posteriormente recolectados por el Repositorio Digital RENATI, a través del Repositorio ALICIA**”.

.....
Firma del Autor

8. Para ser llenado en la Oficina de Repositorio Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso Abierto de la UNSM-T.

Fecha de recepción del documento:

23 / 05 / 2018



.....
Firma del Responsable de Repositorio
Digital de Ciencia y Tecnología de Acceso
Abierto de la UNSM-T.

***Acceso abierto:** uso lícito que confiere un titular de derechos de propiedad intelectual a cualquier persona, para que pueda acceder de manera inmediata y gratuita a una obra, datos procesados o estadísticas de monitoreo, sin necesidad de registro, suscripción, ni pago, estando autorizada a leerla, descargarla, reproducirla, distribuirla, imprimirla, buscarla y enlazar textos completos (Reglamento de la Ley No 30035).

****Acceso restringido:** el documento no se visualizará en el Repositorio.

DEDICATORIA

La presente tesis es mi deseo como un sencillo gesto de agradecimiento a mis padres por creer en mí, por sus ejemplos de superación e humildad, gracias a ustedes, hoy puedo ver alcanzado mis objetivos y metas a trazarme.

Hugo E. Avila Benites

AGRADECIMIENTOS

Agradecer a Dios por ser quien guía mis pasos y la luz que ilumina siempre mi vida personal y personal.

A la Universidad Nacional de San Martín que nos dio la oportunidad de formar nuestra carrera profesional de alto nivel y prestigio.

A mi asesor Ing. Dr. Jaime Walter Alvarado Ramírez, quien me brindó su apoyo en cada levantamiento de observación y a la vez el ejemplo de superación con énfasis de amistad, humildad para ser un profesional.

A los Ingenieros: Ing. M.Sc. Armando Duval Cueva Benavides, Ing. M.Sc. Elías Torres Flores e Ing. Jorge Luís Peláez Rivera, me queda la humilde conclusión de ser ellos grandes seres humanos con criterio de solidaridad.

A todos aquellos que no puedo mencionar pero que de alguna forma se vieron involucrados en la realización de la presente tesis.

Muchas gracias por creer en mí en todo momento y no dudaron de mi habilidad como persona

ÍNDICE

Dedicatoria

Agradecimiento

Resumen

Summary

	Págs.
I. INTRODUCCIÓN	1
II. OBJETIVOS	2
III. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
3.1 Características de la morfología y fisiología del cafeto	3
3.2 Pasos en la selección de semillas	6
3.3 Influencia de los macro y micronutrientes en el crecimiento y desarrollo	10
3.4 Descripción de los fertilizantes foliares químicos en estudio	16
3.5 Investigaciones realizadas con abonos foliares	19
3.6 Los quelatos en el desarrollo de las plantas	24
 IV. MATERIALES Y MÉTODOS	 29
4.1 Materiales	29
4.1.1 Ubicación del campo experimental	29
4.1.2 Vías de acceso	29
4.1.3 Características edafoclimáticas	30
4.1.4 Material biológico	31
4.2 Metodología	31
4.2.1 Diseño experimental	31
4.2.2 Conducción del experimento	32
4.2.3 Labores culturales	34
4.2.4 Indicadores evaluados	35
 V. RESULTADO Y DISCUSIONES	 39
5.1 Resultados	39
5.1.1 Altura de planta (cm)	39

5.1.2	Número de hojas por planta	40
5.1.3	Diámetro del tallo (cm)	41
5.1.4	Longitud de hojas (cm)	42
5.1.5	Peso fresco de raicillas	43
5.1.6	Peso de la biomasa fresca (g)	44
5.1.7	Peso de la biomasa seca (g)	45
5.1.8	Área foliar	46
5.2	Discusiones	47
5.2.1	Altura de planta (cm)	47
5.2.2	Número de hojas por planta	49
5.2.3	Diámetro del tallo (cm)	51
5.2.4	Longitud de hojas (cm)	52
5.2.5	Peso fresco de raicillas	53
5.2.6	Peso de la biomasa fresca	54
5.2.7	Peso de la biomasa seca (g)	55
5.2.8	Área foliar	55
CONCLUSIONES		57
RECOMENDACIONES		58
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS		59

ÍNDICE DE CUADROS

	Pags
Cuadro 1: Dosis de aplicación de Gols Power 40 – 10 – 10 en cultivos	19
Cuadro 2: Importancia relativa (escala de 0 al 10) de la quelatación	25
Cuadro 3: Datos meteorológicos	30
Cuadro 4: Características físicas-químicas del suelo	30
Cuadro 5: Dosis de la fertilización foliar por tratamiento	32
Cuadro 6: ANVA para altura de planta	39
Cuadro 7: ANVA para el número de hojas por planta	40
Cuadro 8: ANVA para el diámetro del tallo	41
Cuadro 9: ANVA para la longitud de hojas	42
Cuadro 10: ANVA para el peso fresco de raicillas.	43
Cuadro 11: ANVA para el peso de la biomasa fresca	44
Cuadro 12: ANVA para el peso de biomasa seca.	45
Cuadro 13. ANVA para el área foliar	46

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Pags
Gráfico 1: Altura de planta	39
Gráfico 2: Número de hojas	40
Gráfico 3: Diámetro del tallo	41
Gráfico 4: Longitud de hoja	42
Gráfico 5: Peso fresco de raicillas	43
Gráfico 6: Biomasa fresca	44
Gráfico 7: Biomasa seca	45
Gráfico 8: Área foliar	46

RESUMEN

El trabajo de investigación tuvo como objetivos específicos de evaluar la influencia de las dosis de tres abonos convencionales (Aquamaster N, Abonofol 20-20-20 y Gold Power 40-10-10) en el crecimiento y desarrollo de plántones de café (*Coffea arabica*) variedad Catimor y determinar cuál la dosis tiene mayor efecto en el crecimiento y desarrollo de los plántones de café (*Coffea arabica*) bajo condiciones de vivero en el distrito de Shunté, provincia de Tocache. La investigación se llevó a cabo en el Fundo “Metal”, de propiedad del señor Clemente Ávila Melgarino, ubicado en el sector Caserío Metal, distrito de Shunté provincia de Tocache. Se utilizó el Diseño Completamente al azar (DCA) con cuatro repeticiones y cuatro tratamientos. La información obtenida en campo se procesó con el programa estadístico SPSS 19, el cual utiliza el P-valor como comparador de diferencias significativas a los niveles de confianza de 0,05 y al 0,01 en el análisis de varianza (ANVA) y la Prueba de rangos múltiples de Duncan una $P \leq 0.05$. Los indicadores evaluados fueron: Altura de planta, número de hojas. Diámetro del tallo, longitud de la hoja, peso fresco de raicillas, número de raicillas, peso de biomasa fresca y seca, área foliar. Los resultados obtenidos indican que con la aplicación de $1,0 \text{ kg.ha}^{-1}$ de Abonofol 20-20-20, fue la dosis que determinó mayor efecto en el crecimiento y desarrollo de los plántones de café, variedad Catimor en condiciones de vivero en el distrito de Shunté, provincia de Tocache.

Palabras Claves: Abono foliar, Aquamaster, Abonofol, Gold power, café, vivero.

SUMMARY

The following study aimed to evaluate the influence of the doses of three conventional fertilizers (Aquamaster N, Abonofol 20-20-20 and Gold Power 40-10-10) on the growth and development of coffee plants (*Coffea Arabica*) and determine which dose has the greatest effect on the growth and development of coffee plants (*Coffea arabica*) under nursery conditions in the district of Shunté, Tocache province. The investigation was carried out in the "Metal" Farm, owned by Mr. Clemente Ávila Melgarino, located in the sector Caserío Metal, district of Shunté province of Tocache. We used the Completely Random Design (DCA) with four replicates and four treatments. The information obtained in the field was processed with the statistical program SPSS 19, which used the P-value as a comparator of significant differences at the confidence levels of 0.05 and 0.01 in the analysis of variance (ANOVA) and the Duncan's multiple range test was a $P \leq 0.05$. The indicators evaluated were: Plant height, number of leaves. Leaf diameter, leaf length, fresh weight of rootlets, number of rootlets, weight of fresh and dry biomass, leaf area. The results indicated that with the application of 1.0 kg.ha^{-1} of Abonofol 20-20-20, it was the dose that determined the greatest effect on the growth and development of coffee plants, Catimor variety in nursery conditions in The district of Shunté, Tocache province.

Keywords: Leaf fertilizer, Aquamaster, Abonofol, Gold power, coffee, nursery.



I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, se han fomentado diferentes variedades de cafetos sin tener en consideración los efectos que producen las enfermedades del café, principalmente la roya amarilla, cuya incidencia disminuye la producción y en algunos casos la pérdida total del cultivo en estos últimos tiempos y debido a estos problemas el gobierno peruano viene apoyando a los productores cafetaleros no solamente con el apoyo financiero, sino en el aspecto técnico.

La producción del café en la región San Martín, principalmente en la provincia de Tocache, la roya amarilla ha afectado significativamente en el proceso de los aspectos fenológicos y en la producción, los efectos han sido latentes como se indica a nivel nacional. El gran problema que afrontan los caficultores es la falta de calidad de los plántones, debido a que en los viveros el fomento de los plantines de café se lleva a cabo en el llenado de las bolsas con material de poca calidad nutritiva, comprometiendo la calidad del plantín y consecuentemente el comportamiento productivo de sus cafetales en el futuro.

Algunos cafetaleros se esfuerzan por garantizar un buen sustrato, pero terminan permitiendo la contaminación de sus plantas al colocar las bolsas sobre suelos infestados por patógenos como hongos y principalmente nematodos, anulando la validez de su trabajo entre otros.

Ante esta problemática, se planteó realizar el presente trabajo de investigación utilizando una proporción adecuada de materia orgánica, arena y arcilla en la etapa de almacenado y embolsado de los plántones de café variedad Catimor en condiciones de vivero, con el propósito de utilizar diferentes dosis de abonos foliares químicos, constituidos por Aquamaster N, Abonofol 20-20-20 y Gold Power 40-10-10, esperando que alguna de las dosis a aplicarse a los plántones de café, redunde en incrementar y vigorizar el crecimiento de los plántones de café variedad Catimor, bajo las condiciones ecológicas del distrito de Shunté en la provincia de Tocache, para lo cual se partió con la hipótesis de que los abonos foliares convencionales tienen influencia en el crecimiento y desarrollo de los plántones de café (*Coffea arabica*), variedad Catimor.

II. OBJETIVOS

2.1 Objetivo General

Evaluación de diferentes dosis de abonos foliares convencionales que influyen en el incremento del crecimiento y desarrollo de plántones de café (*Coffea arabica*) variedad Catimor bajo condiciones de vivero y según las condiciones agroecológicas del distrito de Shunté, provincia de Tocache.

2.2 Objetivos Específicos

Evaluar la influencia de las dosis de tres abonos foliares convencionales (Aquamaster N, Abonofol 20-20-20 y Gold Power 40-10-10) en el crecimiento y desarrollo de plántones de café (*Coffea arabica*) variedad Catimor en el distrito de Shunté, provincia de Tocache.

Determinar cual de las dosis de los diferentes abonos foliares convencionales tienen mayor y mejor influencia en el crecimiento y desarrollo de los plántones de café (*Coffea arabica*) bajo condiciones de vivero en el distrito de Shunté, provincia de Tocache.

III. REVISIÓN BIBLIOGRAFICA

3.1 Caracterización de la morfología y fisiología del cafeto

3.1.1 La semilla

La semilla esta constituida por un albumen corneo cuyos tejidos contienen almidón, sustancias, grasas, azúcares, entre otros. En un extremo se encuentra el embrión con una raicilla cónica y cotiledones cordiformes. Recubriendo el albumen se encuentra dos envolturas el endocarpio y el tegumento (Coste, 1975).

Cabe destacar que la semilla del cafeto carece de periodo latente; es decir, que puede germinar desde que es recogida, si es colocada en un medio apto para ello, dicho proceso puede tardar de tres a cuatro semana antes de que aparezca la radícula, y más tarde aparece el tallo, cuyo alargamiento arrastra a la semilla fuera de la tierra, lo que se conoce como germinación epígea, finalmente de esta cáscara emergen dos hojas cotiledónicas, las cuales se marchitan y caen, una vez que la yema terminal origina las dos primeras hojas verdaderas iniciándose así el crecimiento (Coste, 1975).

3.1.2 Sistema radicular

Esta constituido por la raíz principal o pivotante que puede alcanzar 50 o más centímetros de profundidad, de la cual se originan las raíces secundarias que ejercen la función de anclaje y las raíces terciarias de las que emergen las raicillas (cabellera), que sirven a la planta para la absorción de agua y nutrientes (Sánchez, 2005).

Por su parte García (1988), indica más específicamente que la raíz está formada por un eje leñoso principal, con ramificaciones laterales ligeramente inclinadas. Ramificaciones secundarias y raicillas que se reproducen continuamente.

El mismo autor manifiesta que el desarrollo normal del sistema radicular del cafeto es muy importante para el crecimiento, producción y longevidad. Por lo que desde la etapa de semillero y vivero se debe lograr una raíz principal bien formada, para obtener un excelente crecimiento en el campo.

3.1.3 Tallo

El cafeto es un arbusto que esta formado por un tallo central en cuyo extremo se encuentra la yema terminal u ortotrópica, que es el responsable del crecimiento vertical, formando nudos y entrenudos. De los nudos se forman las ramas laterales o bandolas y las crinolinias o palmillas (crecimiento palgio trópico). A través de ambos tipos de crecimiento se conforma la arquitectura del cafeto, es decir su sistema vegetativo y productivo. El tallo o tronco y las ramas primarias forman el esqueleto del cafeto (Coste, 1975).

Con esto se entiende que el tallo proporciona el equilibrio necesario para el crecimiento de la planta y genera yemas de las cuales se originan sus ramas (Coste, 1975).

3.1.4 Hojas

Las hojas nacen en la parte terminal del tallo y en las ramas laterales. Crecen en disposición opuesta, son de forma elíptica. Su tamaño, color y cantidad varía de acuerdo a la especie y variedad. La función principal de las hojas está asociada a la fotosíntesis, transpiración y respiración, procesos indispensables para regular la actividad productiva. La lámona es delgada fuerte y ondulada, tiene de 12 a 24 cm de ancho y su forma varia de elíptica a lanceolada (Sanchez, 2005).

Área foliar:

El concepto de área foliar se define como una simple aproximación de la medida del potencial fotosintético de las plantas, de hecho, es más determinante en medir el crecimiento y rendimiento de los cultivos que la capacidad fotosintética individual de las hojas en una comunidad de cultivo (Watson, 1952).

Se ha observado que la variación del área foliar es el principal factor en determinar cambios en los rendimientos (Garcidueñas, 1979). El potencial de producción de la planta está determinado fundamentalmente por la superficie foliar disponible para la asimilación del carbono a través de su ciclo de vida. El área foliar es un indicador del desarrollo del follaje de la planta y de su potencial productivo, además está controlada por factores genéticos y ambientales (Arcila y Chávez, 1995; Hammer, Carberry y Muchow, 1993).

La importancia del conocimiento del desarrollo foliar en el café sirve para determinar el potencial de producción y la estructura del dosel que interviene en la captación de luz que es esencial para la fotosíntesis (Rosenthal y Gerik, 1991; Verhangen *et al.*, 1963). También es importante ya que permite calcular el índice del área foliar (IAF), indicador que relaciona el área foliar de la planta y el área de terreno ocupada por esa planta, teniendo como resultado el grado de cobertura del terreno con hojas, que facilite una mayor intercepción de luz, siendo el IAF, el mejor estimador (Arcila y Chavez, 1995).

Esta variable puede ser considerada en estudios agronómicos y fisiológicos en el cultivo de café en evaluación de germoplasmas, dosis de fertilizantes, sombra, densidades de sombra, evaluación del daño foliar por plagas insectiles o enfermedades, predicciones de cosecha y cálculo de índice de eficiencia (Castillo, 1977).

Castillo (1977), manifiesta que para la medición del área foliar se han empleado una serie de métodos, que se han clasificado en destructivos; como por ejemplo el uso de planímetro, que tiene la desventaja de la destrucción de la planta y lo tedioso del trabajo que requiere gran inversión de personal y de tiempo.

También están los no destructivos directos e indirectos (Awatramani y Gopalakrishna, 1964; Raju *et al.*, 1991). Sin embargo, el área foliar puede ser estimada por medio de modelos matemáticos que incluye medidas lineales de las hojas y es un método exacto no destructivo. En la actualidad se han desarrollado

este tipo de modelo para cultivos como Naranja dulce, Cardamomo, Té entre otros (Raju *et al.*, 1991). Awatramani y Gopalacrishna (1964); Raju *et al.*, (1991) y Castellón y Monterrey (1993), encontraron una ecuación de regresión lineal que estima el área foliar para diferentes cultivares de *Coffea arabica*. En Honduras, los experimentos sobre fenología han venido empleando una ecuación de regresión de tipo logaritmo que fue generada en Colombia, para la variedad Caturra (Valencia, 1973).

3.2 Pasos en la selección de semillas

Fischersworrying y Robkamp (2001), comenta que es importante seleccionar aquellos cafetos productores de semillas que se destaca por su vigor, su resistencia a plagas y enfermedades, así como por una producción alta y estable con un bajo porcentaje.

Cosechar únicamente frutos sanos, que hayan alcanzado su plena madurez de las ramas centrales (primarias y secundarias) del cafeto, seleccionando los frutos de las ramas que se encuentran en el tercero y noveno brote de la fructificación. El momento óptimo para recoger la semilla es durante el segundo pase de la cosecha (Fischersworrying y Robkamp, 2001).

De lo antes mencionado, se puede decir que la selección de semilla es crucial para que el desarrollo de la misma sea con normalidad, ya que al seleccionar frutos sanos contribuirá a la obtención de un buen cultivo (Fischersworrying y Robkamp, 2001). Los pasos a seguir para la selección de semilla de café son las siguientes:

- Buscar arbustos de mejor producción, sanos de buen desarrollo y que hayan mostrado cierta resistencia a las plagas y enfermedades.
- Coger 100 cerezas de ese arbusto y probar el saneamiento echándolas en agua. Si flotan más de siete cerezas no sirven para semillas, si hay menos de siete cerezas vanas, puede cogerse todas las semillas que se quiera de ese arbusto.
- Fruto completamente maduro.

- Granos de buen tamaño, ya que tienen que servir de alimento al embrión cuando germinan.
- Despulpas con la mano para evitar hacer heridas al grano.
- Fermentar la semilla durante 12 horas.
- Lavarla, eliminando de nuevo los granos que floten
- Desinfectarlo con una solución de sulfato de cobre (CuSO_4) al 0.1% (una cucharadita de sulfato de cobre por galón de agua) durante cinco minutos.
- Secar los granos a la sombra (mínimo dos días).

De lo antes mencionado, se puede decir al momento de realizar la siembra del cultivo se deben seguir pasos para seleccionar la semilla ya que esto permitirá que el crecimiento del fosforito germine con normalidad

3.2.1 Germinadores

La siembra en germinador o semillero es el método más racional, para ello se escoge un terreno fresco, rico en humus. Las parcelas de siembra tienen un metro de ancho y de dos a cuatro de longitud; el suelo debe estar perfectamente trabajado en una profundidad de 0.20 m, aproximadamente y bien nivelado. El germinado se protege de una iluminación excesiva y de las intensas lluvias mediante una cubierta de palmas, sacos u otros. Al respecto Fischersworring y Robkamp (2001), plantean que la construcción del germinador debe de realizarse de la siguiente manera:

- El germinador debe de construirse en un lugar sombreado, de fácil acceso, cercano a una fuente de agua para riego y protegido de los animales domésticos.
- El mejor sustrato para el germinador es la arena fina y lavada de río, ya que disminuye los ataques de enfermedades, evita el encharcamiento propicia un buen desarrollo de las raíces y facilita el trasplante. Para el germinador, el suelo debe estar suelto y completamente mullido, libre de piedras y restos vegetales.

Por otro lado, el mismo autor, añade que el germinador debe quedar alto del suelo y formado por arena lavada, para evitar el volcamiento o “sancocho” de las chapotas, esterilizar la arena con formol al 10%. 15 a 20 días antes de sembrar la semilla, eliminar los lotes o parches donde donde se presente el “sancocho” y asperjar con una CETEP (1997), señala “el vivero es el lugar donde se va a trasplantar las plantas de café (chapolas de café) que viene del semillero o germinador. Por su parte Fischersworrying y Robkamp (2001), comentan que el vivero es el sitio donde se siembran las chapolas de café antes de parale al sitio definitivo. Este puede hacerse en bolsas perforadas de polietileno negro (vivero en bolsa) o en camellones con sombrío natural o artificial (vivero en camellones.

3.2.2 Vivero en bolsas

Fischersworrying y Robkamp (2001), expresan lo siguiente:

Para hacer un vivero en bolsa se debe escoger un terreno plano o lo menos pendiente posible cercano al lugar donde se vaya a establecer el café y cerca de una fuente de agua. El tamaño de la bolsa es fundamental, puesto que influye en la formación adecuada de las raíces.

Para llenar la bolsa se emplea tierra fértil de preferencia negra mezclada con pulpa de café, estiércol o gallinaza bien descompuesta para evitar enfermedades radicales o ataques de nematodos. Las mejores mezclas son:

- Una parte de pulpa descompuesta o compost por una de tierra (1:1).
- Una parte de gallinaza o estiércol compostado por tres partes de tierra (1:3).

Los materiales para la mezcla han de quedar bien desmenuzados. Con ayuda de una pala se elabora una mezcla homogénea. A medida que se va llenando cada bolsa se debe levantar y dejar caer suavemente contra el piso, para que se asiente la tierra. Ha de repetirse esta operación hasta llenar las bolsas.

3.2.3 Trasplante de las plántulas de cafetos a bolsas

Fischersworing y Robkamp (2001), expresan lo siguiente:

Es preferible trasplantar las plántulas de café en días nublados en las primeras o ultimas horas del día. Antes de iniciar con el trasplante, es necesario cerciorarse que la tierra en las bolsas este húmeda; de lo contrario se deberá aplicar riego.

Para sacar las plántulas en estado de fosforito o chapola del germinador se afloja el sustrato y se retira con cuidado, procurando que no queden directamente expuestas al sol.

Deberán seleccionarse del germinador las mejores plántulas eliminando las débiles, las mal formadas, las amarillas y las de raíces quebradas, torcidas, o malformadas.

Para trasplantar la plántula a la bolsa, se hace un hoyo en la tierra al centro de las bolsas con un palo cónico de punta aguda. Su profundidad debe ser superior al largo de la raíz de la chapola. Si la raíz supera el largo de la bolsa, ha de practicarse un despunte que permita conservar la verticalidad de la raíz en la bolsa.

3.2.4 Manejo del vivero

Fischersworing y Robkamp (2001), recomiendan lo siguiente:

El vivero ha de mantenerse con una humedad óptima por medio de riegos que deben realizarse por la mañana o preferiblemente por la tarde.

Los desyerbos de las bolsas se realizan, por lo general, mensualmente. Para garantizar un óptimo desarrollo de las plántulas se puede aplicar purín de estiércol u ortiga (abono) a manera de abono foliar cada 15 días o cuando se presenten síntomas de amarillamiento o mancha de hierro. Ha de tenerse en cuenta de no “sobre abonar” las plántulas.

Son instalaciones especiales donde juegan un papel muy importante la calidad de los suelos y las labores de mantenimiento.

García (1988), dice, que los suelos para la crianza de los cafetos en los viveros deben ser sueltos, pero que a la vez permitan la formación de un buen pilón, y con alto contenido de materia orgánica. Estas características permiten una buena aireación, facilidades para el desarrollo radical, buen suministro de nutrientes y adecuado avenamiento de las aguas, condiciones muy favorables para el mejor crecimiento de las plantas.

3.3 Influencia de los macro y micronutrientes en el crecimiento y desarrollo del cultivo de café

Para que toda planta pueda desarrollarse normalmente requiere de un suministro constante y balanceado de nutrientes. Tan pronto la carencia de uno o varios elementos nutritivos está en pocas cantidades o bajas concentraciones en el medio donde éstas crecen se manifiestan las deficiencias. Cuando esto ocurre el crecimiento y desarrollo normal de las plantas es anormal. Bajo nuestras condiciones de clima, suelos, etc., en la zona cafetalera el éxito que se pueda alcanzar en la producción comercial de café dependerá en gran medida de la utilización de un programa de abonamiento adecuado a las condiciones de las plantaciones de café (<http://infocafes.com/descargas/biblioteca/349.pdf>). A continuación, se indican las influencias de los macro y micro nutrientes en el desarrollo del café:

Nitrógeno:

El nitrógeno con frecuencia es el elemento más limitante en la producción cafetalera, esto por ser requerido en grandes cantidades por las plantas (solo superadas por las de carbono, hidrógeno y oxígeno) y encontrarse en baja disponibilidad en la mayoría de los suelos agrícolas. El cafeto responde prácticamente de inmediato a las aplicaciones de N cuando en el suelo éste está deficiente. El N puede suministrarse a través del suelo como por aspersiones foliares. Cantidades excesivas de N pueden tener un efecto negativo en la

producción del cafeto al ser causa de un excesivo crecimiento vegetativo. La fertilización nitrogenada debe ser cuidadosamente balanceada a fin de asegurar buenas cosechas. Ya dentro de las plantas el nitrógeno pasa a formar parte de las proteínas (estructurales y enzimáticas) las que junto con el agua son cuantitativamente los principales constituyentes del protoplasma celular. Además, es parte estructural de ácidos nucleicos, clorofilas, hormonas del crecimiento y alcaloides. La deficiencia de este elemento afecta drásticamente la formación de clorofila, es por ello característico que se manifieste como una clorosis generalizada en las hojas, que va, desde una tonalidad verde pálido en estados iniciales, a una apariencia blanquecina en casos de deficiencias severas.

Fósforo:

Participa en todas las reacciones energéticas del metabolismo de las plantas, al formar parte de las moléculas de ADP y ATP, las cuales intervienen activamente en los procesos de transferencia y almacenamiento de energía, por medio de las llamadas reacciones de fosforilización. Es por ello requerido en importantes funciones metabólicas de las plantas tales como fotosíntesis, respiración y síntesis de grasas y proteínas. Además, los fosfatos son constituyentes de ácidos nucleicos, nucleoproteínas, fosfolípidos y de diferentes enzimas. Los tejidos con mayores porcentajes de fósforo en sus células son aquellos que demandan un alto consumo de energía, como son las regiones meristemáticas de la parte aérea y radical, y la de frutos jóvenes en pleno desarrollo. Este elemento puede ser almacenado hasta cierto grado en los tejidos de las plantas. Cuando el pH del suelo es ácido forma compuestos insolubles que no están disponibles a la planta. El fósforo es un elemento poco móvil tanto en la planta como en el suelo. Los síntomas visibles de una deficiencia de P se presentan con una clorosis lobular entre las venas de las hojas más viejas en las ramas inferiores del arbusto. Estas hojas presentan unas manchas de forma irregular de color amarillo-bronceado y pueden contener unas áreas con un tinte rojizo. La defoliación es evidente y aunque no es un síntoma visible hay un pobre desarrollo del sistema radical. Este elemento es bien requerido en la etapa juvenil de los arbolitos para el buen crecimiento de las raíces.

Potasio:

Es un elemento importante en la síntesis de azúcares y almidones. Se ha encontrado que existe una correlación positiva entre el contenido de K en la hoja del cafeto y la acumulación de almidones, o sea, que el contenido de almidón depende en gran parte de la cantidad presente de potasio. Si no hay suficiente producción de almidones el crecimiento nuevo está restringido. La principal función atribuida al potasio es la de ser activador enzimático de numerosas enzimas involucradas en procesos metabólicos, relacionados con la fotosíntesis, respiración y síntesis de almidones y proteínas; a menudo es también citada su función en el mantenimiento del potencial osmótico de las células, destacando en este sentido su papel en los mecanismos reguladores de la apertura y cierre de estomas; también popular es la teoría de su participación en el transporte de foto asimilados a través de los conductos floemáticos. Este elemento es muy necesario en plantaciones creciendo a pleno sol para el desarrollo adecuado de las flores y el fruto. El cafeto absorbe con relativa rapidez el elemento del suelo proveniente de diferentes fuentes de K empleadas en los abonos comerciales. No obstante, cuando la planta está bien suplida del elemento no se observan respuestas a cantidades adicionales.

Calcio:

El calcio se encuentra en bajas cantidades en el fruto si se compara con el contenido de éste en la hoja. Este elemento es necesario en el crecimiento de las raíces y es parte constituyente de las paredes celulares a las que da rigidez en forma de pectatos de calcio. El síntoma más típico de una deficiencia de calcio es una clorosis marginal de las hojas nuevas. La clorosis está regularmente asociada con una deformación de la hoja la cual adquiere una forma convexa y con la formación de corcho en las venas del envés de éstas. La deficiencia de Ca produce muerte regresiva en los puntos de crecimiento. Las hojas pierden su condición de erectas y quedan colgando hacia abajo sin que haya abscisión. El calcio es un elemento que no se transloca de las hojas viejas a las jóvenes por lo que se requiere un suministro constante de éste. Existe cierto antagonismo entre el calcio, el magnesio con el potasio. La absorción de este elemento es extremadamente lenta, sin embargo, se obtienen beneficios indirectos como

consecuencia de cambios en la reacción del suelo producidos por el encalado. El elemento puede utilizarse en el cultivo del café de las dos formas siguientes:

- Enmienda (grandes cantidades)
- Nutriente (la planta lo usa en pequeñas cantidades)

Debe tenerse cuidado de no sobreencalar ya que esto puede inducir un antagonismo entre las sales (Ca).

Magnesio:

Es parte estructural de la molécula de clorofila con la que interviene en la fotosíntesis, de la cual es también activador enzimático al igual que de los procesos de respiración y formación de ácidos nucleicos. Además, en combinación con el ATP participa en numerosas reacciones de fosforilación.

Del suelo, la planta lo absorbe como ion divalente Mg^{2+} ; ya dentro de la planta presenta una fácil translocación, por lo que los síntomas de su deficiencia en café, se observan con mayor claridad en las hojas más viejas, donde son fácilmente identificables al presentar una típica clorosis intervenal que en forma de franjas abarca gran parte del área comprendida entre las venas laterales secundarias. Normalmente los síntomas de deficiencia de magnesio se agravan a partir del inicio del llenado del fruto, época en que la demanda de nutrientes es grande.

Azufre:

Las deficiencias de S no son muy probables en el campo aunque pueden ocurrir. Esto se debe a que generalmente el uso de fertilizantes que contienen sulfatos forma parte del programa de abobamiento del café. Los científicos opinan que el S es más requerido por el cafeto que el fósforo, sin embargo, no existe evidencia contundente para sustentar el hecho. Si se sabe que cuando hay deficiencia de S (aunque no se observen síntomas) la florecida es normal, pero los frutos no cuajan. Síntomas visibles de una deficiencia del elemento es una clorosis más o menos intensa en las hojas más jóvenes y hacia la proximidad de la vena central

de éstas. Las hojas se tornan angostas. Las nervaduras secundarias se observan hundidas y las secciones que limitan sobresalen en relieve cóncavo. Los síntomas de la deficiencia son muy similares a los del nitrógeno por lo que debe tenerse sumo cuidado en las observaciones.

Hierro:

La deficiencia de hierro puede producirse bajo variadas condiciones de suelo y pueden disminuir considerablemente la producción. Una clorosis progresiva del tejido de las hojas jóvenes que se torna blanquecino en casos severos son síntomas típicos de la insuficiencia de hierro. Las hojas jóvenes son de tamaño mayor que lo normal. Se destaca el que toda la venación de la hoja permanece verde en un limbo verde - amarillento. Si la deficiencia no es muy severa y afecta particularmente el crecimiento joven, ésta se corrige generalmente por sí misma cuando las hojas van madurando. Por otro lado, si la situación es más seria y la deficiencia es debida a alcalinidad en el suelo (tipo calcáreos) entonces hay que recurrir a otras posibilidades de corrección como son los quelatos de hierro aplicados al suelo y al follaje. Los residuos ácidos de los abonos que contienen sulfatos pueden ayudar a corregir el problema. Cuando la deficiencia de hierro es causada por un alto contenido de manganeso asimilable (como ocurre en suelos de pH muy bajos) la aplicación de cal logra por lo general un buen efecto al reducir el contenido de Mn soluble en el suelo.

Manganeso:

En presencia de una deficiencia de Mn las hojas jóvenes tienen un color verde pálido permaneciendo las venas principales y una franja a uno y otro lado de éstas de color verde intenso. A medida que progresa la deficiencia las hojas se tornan cada vez más a un color amarillo que varía en intensidad dependiendo si las plantas crecen bajo sombra o a plena exposición solar. Al raso el color amarillo en el primer par de hojas desde el extremo de la rama toma un color amarillo limón brillante y un amarillo suave bajo sombra. La deficiencia tiende a ser más severa durante la época de lluvia. La deficiencia puede estar asociada con un bajo contenido de Mn en el suelo, pH entre 6.0 y 7.0 por un alto contenido de materia orgánica en el suelo el cual disminuye considerablemente

el Mn disponible. La aplicación de sales de Mn puede usarse para corregir la deficiencia. Esta puede hacerse al suelo o en aplicaciones foliares. Cantidades excesivas de Mn soluble pueden causar toxicidad en las hojas del cafeto. Generalmente la deficiencia de Mn no disminuye de forma marcada el desarrollo y fructificación de los arbustos. No obstante, la toxicidad por este elemento causa graves perjuicios. La aplicación de carbonato calizo al suelo ha demostrado corregir la situación con muy buenos resultados, así como la adición de quelatos metálicos (Fe) al suelo. En ambos casos se trata de corregir una deficiencia de hierro inducida por el manganeso. Los síntomas de toxicidad de Mn se presentan con una clorosis moteada en los bordes de las hojas jóvenes y la pérdida de hojas.

Boro:

La deficiencia de Boro se manifiesta en las hojas jóvenes las cuales son de tamaño reducido, elongadas, deformes y de textura coriácea. Presentan una clorosis color verde aceituna mate que se extiende del ápice hacia la base, la parte que retiene el color verde característico mantiene el brillo. El margen de la hoja no es simétrico y la superficie tiende a tornarse áspera. La muerte regresiva (“die back”) es otro de los síntomas y suele aparecer una ramificación múltiple cerca de extremo del punto de crecimiento muerto en forma de roseta o palmilla. Las hojas adultas presentan suberización con presencia de corcho en la vena central y las secundarias. El boro al igual que el calcio no se trasloca a los puntos de crecimiento por lo que es necesario un suministro constante de este elemento para el desarrollo normal de las plantas. Regularmente el contenido de boro en el suelo baja en épocas de sequía prolongada o luego de lluvias intensas por lo que los síntomas visibles aparecen durante más períodos. Aplicaciones intensivas de cal al suelo hacen al boro menos accesible al café por lo que puede mostrarse deficiente.

Zinc:

Esta deficiencia puede reconocerse en el campo con alguna frecuencia. El cafeto parece poseer una susceptibilidad especial a una baja concentración de zinc en el suelo. Las hojas que manifiestan una deficiencia de zinc son más pequeñas que

las normales lanceoladas, angostas o estrechas, cloróticas y rizadas en el borde a manera de cartucho. Los síntomas de la deficiencia se observan en las hojas nuevas siendo éstas además, menos flexibles en textura. La venación forma un retículo que permanece color verde. Ocurre defoliación con carencia de este elemento. Las plantas poseen entrenudos más cortos y se forma el crecimiento tipo roseta o escoba de bruja.

3.4 Descripción de los fertilizantes foliares químicos en estudio

3.4.1 Aquamaster N

http://www.misti.com.pe/web/images/stories/catalogo/doc/foliares/FTecn7001-Aquamaster_N.pdf, describe de la siguiente manera:

a. Generalidades

Nombre comercial:	Aquamaster N
Fórmula comercial:	32-10-10 + EM
Categoría:	Fertilizante soluble NPK

b. Composición:

Elemento	Nominal
Nitrógeno (% N):	32,00 (+/- 1) p/p
Fósforo (% P ₂ O ₅):	10,00 (+/- 1) p/p
Potasio (% K ₂ O):	10,00 (+/- 1) p/p
Azufre (% S)	0,20 (+/- 0.05) p/p
Magnesio (% MgO)	0,20 (+/- 0.05) p/p
Hierro (% Fe)*	0,04 (+/- 0.04) p/p
Cobre (% Cu)*	0,02 (+/- 0.04) p/p
Zinc (% Zn)*	0,03 (+/- 0.04) p/p
Boro (% B)	0,01 (+/- 0.04) p/p
Manganeso (% Mn)*	0,04 (+/- 0.04) p/p
Molibdeno (% Mo)	0,00 (+/- 0.0005) p/p
EM: *Elementos Menores	

c. Características:

Fertilizante agrícola en polvo, 100% soluble en agua.

d. Empaque:

Bolsa x 1 kg.

e. Recomendaciones:

Fertilizante para uso agrícola en aplicación foliar. Adecuado para su uso en cualquier tipo de cultivo.

3.4.2 Abonofol 20 – 20 – 20

(<http://dev.moragues.pe/tqc/wp;>

<http://www.silsa.com.pe/intranet/InformacionProductosLimpieza/HOJASEGURIDAD/HOJA%20DE%20SEGURIDAD%20DEL%20ABONO%20FOLIAR%200905005.pdf>);, manifiesta:

a. Generalidades

Nombre comercial:	Abonofol 20 – 20 - 20
Composición química:	Elementos mayores: (% en peso)
Nitrógeno (N):	20,0
Fosforo (P ₂ O ₅):	19,2
Potasio (K ₂ O):	19,3
Magnesio (MgO):	0,5
Elementos menores:	(B, Fe, Zn, Cu, Mn y Mo).
Clase:	Fertilizante foliar con microelementos
Grupo:	Misceláneo
Formulación:	Polvo

b. Propiedades físico – químicas

Aspecto:	Polvo homogéneo de color amarillo
pH (25°C):	7.36
Corrosividad:	No corrosivo
Inflamación:	Negativa

Compatibilidad: ABONOFOL 20 – 20 - 20 es compatible con la mayoría de insecticidas, acaricidas, fungicidas y otros fertilizantes foliares de uso común.

c. Efecto:

El nitrógeno, fósforo, potasio y micro elementos quelatizados, solubles en agua y asimilables por las plantas corrigen las deficiencias nutricionales, por su rápida asimilación a través de las hojas, es usado en los periodos de crecimiento acelerado y floración.

d. Modo de aplicación:

ABONOFOL 20 – 20 – 20 se aplica en aspersión en mezcla con la suficiente cantidad de agua para lograr una buena distribución sobre las plantas.

e. Usos y dosis:

En forma general se recomienda aplicar de 2 a 4 kg.ha⁻¹ de ABONOFOL 20 - 20 – 20 y realizar 3 a 4 aplicaciones por campaña o periodo vegetativo. Se recomienda su aplicación en los cultivos de: Arroz, maíz, algodón, tabaco, café, té, manzano, perales, duraznero, naranjo, limonero, mandarino, alfalfa, flores ornamentales, marigold, papa, tomate, ají, cebolla, ajo, frijol, fresas, etc. (especialmente para aquellos cultivos desarrollados en suelos de baja fertilidad, pobre estructura, bajo contenido de materia orgánica, como también para recuperar cultivos que han sufrido condiciones climáticas adversas).

3.4.3 Gold Power 40 – 10 – 10

Vitamina b1, ácidos carboxílicos, micro elementos quelatizados, mayor crecimiento de brotes y hojas.

a. Principales nutrientes

Nitrógeno (N) 40,0%

Fósforo (P₂O₅) 4,27%

Potasio (K_2O) 3,22%

Magnesio (MgO) 0,05%

Fierro (Fe) 0,026

Cobre (Cu) 0,03%

Zinc (Zn) 0,03%

Boro (B) 0,05%

Cobalto (CO) 0,0005%.

b. Dosis

En el cuadro 1 se muestran los cultivos, dosis y momento de aplicación de Gold Power 40 – 10 – 10.

Cuadro 1: Dosis de aplicación de Gols Power 40 – 10 – 10 en cultivos.

cultivo	Kg. cil de 200 l	g/moch 20lt	Momento de aplicacion
Arroz, trigo, cebolla, sorgo	1,0	100	- Al macollamiento - Al inicio de espigado
Café, cacao, cítricos, frutales	1,2	120	- Tratamiento en vivero - Al nacimiento de los botones florales y después de la floracion
Te. tabaco	1,0	100	- Después del corte para acelerar el brote y peso de las hojas

3.5 Investigaciones realizadas con abonos foliares

Se reconoce, que la absorción de los nutrimentos a través de las hojas no es la forma normal. La hoja tiene una función específica de ser la fábrica de los carbohidratos, pero por sus características anatómicas presenta condiciones ventajosas para una incorporación inmediata de los nutrimentos a los fotosintatos y la translocación de éstos a los lugares de la planta de mayor demanda. El abastecimiento de los nutrimentos a través del suelo está afectado por muchos factores de diferentes tipos: origen del suelo, características físicas, químicas y biológicas, humedad, plagas y enfermedades (Bear, 1965; Plancarte, 1971; Trinidad *et al.*, 1971).

Actualmente se sabe que la fertilización foliar puede contribuir en la calidad y en el incremento de los rendimientos de las cosechas, y que muchos problemas de fertilización al suelo se pueden resolver fácilmente mediante la fertilización foliar (Fregoni, 1986). Las plantas también pueden adquirir nutrimentos a través de las hojas; sin embargo, solamente se pueden suministrar cantidades limitadas de nutrimentos a través de aplicaciones foliares. Estas aplicaciones pueden ser efectivas especialmente para corregir o prevenir temporalmente deficiencias de algunos nutrimentos (Swietlik y Faust, 1984).

Por consiguiente, habrá casos en que la fertilización foliar sea más ventajosa y eficiente para ciertos elementos, que la fertilización al suelo, y casos en que simple y sencillamente no sea recomendable el uso de la fertilización foliar. La hoja es el órgano de la planta más importante para el aprovechamiento de los nutrimentos aplicados por aspersión (Tisdale *et al.*, 1985); sin embargo, parece ser, que un nutrimento también puede penetrar a través del tallo, si éste no presenta una suberización o lignificación muy fuerte; tal es el caso de las ramas jóvenes o el tallo de las plantas en las primeras etapas de desarrollo. La hoja es un tejido laminar formada en su mayor parte por células activas (parénquima y epidermis) con excepción del tejido vascular (vasos del xilema que irrigan la hoja de savia bruta) y la cutícula que es un tejido suberizado o ceroso que protege a la epidermis del medio (Bidwell, 1979).

En un ensayo de fertilización edáfica y foliar sobre el desarrollo y rendimiento de frijol (*Phaseolus vulgaris* L.), Giskin *et al.*, (1984) reportaron un incremento en el número de vainas de 43 %, en el número de semillas 13 % y en peso de grano 10 %.

Una mayor altura de planta conlleva al aumento en el número de hojas y por tanto, al mayor contenido de clorofila (Rodríguez *et al.*, 1998).

La Web <http://infocafes.com/descargas/biblioteca/349.pdf>, recomienda fertilizar en la etapa de brotamiento en el cultivo de café con Aquamaster N a dosis de 1 kg.500 cc de agua

La	página	Web
<p>http://www.plmlatina.com.pe/deaq/src/productos/4890_43.htm, manifiesta que el abono foliar Abonofol 20-20-20, es un fertilizante foliar que contiene nitrógeno, fósforo, potasio, micro elementos quelatados y fitohormonas de rápida asimilación por las hojas. Muy efectivo para la corrección de deficiencias nutricionales de los cultivos, asegurando un máximo rendimiento y excelente calidad de las cosechas. Es recomendado para complementar la fertilización del suelo en los periodos de crecimiento acelerado y floración. También la página</p>		
Web	<p>http://dev.moragues.pe/tqc/wp-content/uploads/2011/11/abonofol_202020_ficha.pdf, recomienda aplicar de 2 a 4 kg.ha⁻¹ de Abonofol 20-20-20 y realizar 3 a 4 aplicaciones por campaña o periodo vegetativo en el cultivo de café. El efecto del nitrógeno, fósforo potasio y microelementos quelatizados, solubles en agua y asimilables por las plantas corrigen las deficiencias nutricionales, por su rápida asimilación a través de las hojas, es usado en los periodos de crecimiento acelerado y floración.</p>	

Los suelos contienen todos los elementos esenciales que la planta requiere para su desarrollo y reproducción; sin embargo, en la mayoría de los casos, no en las cantidades suficientes para obtener rendimientos altos y de buena calidad, por lo que es indispensable agregar los nutrimentos por medio de fertilizantes. Sin el uso de fertilizantes, los rendimientos serán cada vez más bajos debido al empobrecimiento paulatino del suelo por extracción de los nutrimentos en las cosechas. Un suelo infértil produce menos, tiene menor cubierta vegetal y está más expuesto a la erosión. El uso adecuado de fertilizante requiere conocer sus características, su efecto en las plantas y el suelo, las formas de aplicación y como se deriva y se prepara una dosis de fertilización con base en los fertilizantes disponibles (Fageria, 1997).

Malabolta (1986), indica que los requerimientos nutricionales del cultivo se establecen a partir de lo que las plantas en su óptimo estado de desarrollo y vigor retiran del suelo y que está contenido en el tejido vegetal de toda la planta. Se relaciona con cantidades suficientes de los elementos que están disponibles

en el suelo y que la planta puede absorber para lograr un crecimiento y grado de productividad deseada.

Campollo *et al.*, (1985), recomiendan hacer esta fertilización con fórmulas que tengan igual proporción N-P-K, que incluyan elementos secundarios y menores; en caso de deficiencia de N en el cafeto también se debe aplicar úrea.

Palma (1991), menciona que el café responde más positivamente a las aplicaciones de nitrógeno y potasio que a las aplicaciones de fósforo. Sin embargo, el fósforo (sobre todo en etapas tempranas de crecimiento), así como los elementos menores son indispensables para lograr el máximo beneficio nutricional en la planta. Estos últimos deben ser parte del programa de abonamiento.

En suelos con alta fertilidad, la respuesta de la planta a la fertilización es limitada, razón por la cual se requiere de dosis bajas para lograr las máximas producciones, mientras en suelos con baja fertilidad se presenta una alta respuesta y por tanto, demandan mayores dosis del nutriente; suelos con fertilidad media exhiben un comportamiento intermedio (Havlin *et al.*, 1999).

En la etapa de almácigo, va desde el trasplante de la chapola en la bolsa, hasta el momento de la siembra en el campo (aproximadamente 6 meses). En esta etapa la planta responde de manera positiva a la materia orgánica y a la aplicación de fósforo (Sadeghian y Gaona, 2005).

El desequilibrio entre la alta demanda de nutrientes por las plántulas de café y la baja disponibilidad de estos en el suelo comienza a manifestarse desde la etapa de almácigo (Comité Departamental de Cafeteros de Antioquia, 1991). Por lo anterior, la fertilización debe empezar desde esta fase del cultivo (Ortiz, 1978 y el Comité de Cafetaleros de Antioquia, 1991). Si los almácigos de café no se fertilizan, producen plantas de tallos delgados y débiles que pueden no sobrevivir cuando son trasplantadas al campo (Ortiz, 1978).

El engrosamiento del tallo, se debe al aumento del diámetro del cilindro central como consecuencia del aumento del número y diámetro de los vasos del xilema, lo cual mejora la conductividad para el paso del agua y puede compensar, al menos parcialmente, la restricción en la absorción por la menor longitud de las raíces (Bennie, 1996).

En campo la respuesta predominante de la planta es el nitrógeno y potasio (Carvajal, 1984), y en vivero, al nitrógeno y el fósforo (Malavolta, 2000).

Los nutrientes minerales son los elementos incorporados principalmente en forma de iones inorgánicos, los altos rendimientos agrícolas dependen en gran medida de la fertilización con nutrientes minerales, de hecho, los rendimientos de la mayoría de los cultivos aumentan linealmente con la cantidad de fertilizante que absorben (Coll & Gregorio, 2005).

Por último, los fertilizantes químicos no son considerados como mejoradores del suelo, sus efectos en este sentido pueden ser indirectos a través del aumento de la producción de biomasa, pero así mismo presentan efectos negativos a largo plazo, debido a que erosionan el suelo donde se cultivan (Cubero & Vieira, 1999).

La tasa de crecimiento se define como un aumento irreversible en volumen, el componente del crecimiento vegetal es la expansión celular dirigida por la presión de turgencia (Taiz & Zeiger, 2008). Durante el proceso, las células aumentan en volumen varias veces, así mismo la tasa de crecimiento se mide a medida que una región del eje de la planta se mueve desde el ápice, su tasa de crecimiento aumenta, hasta que se alcanza una constante limitante igual a la tasa de extensión del órgano, siendo la tasa de crecimiento final la pendiente constante, final de la trayectoria del crecimiento (Azcon & Coor, 2008).

Las plantas también pueden adquirir nutrimentos a través de las hojas; sin embargo, solamente se pueden suministrar cantidades limitadas de nutrimentos a

través de aplicaciones foliares. Estas aplicaciones pueden ser efectivas especialmente para corregir o prevenir temporalmente deficiencias de algunos nutrimentos (Swietlik y Faust, 1984).

3.6 Los Quelatos en el desarrollo de las plantas

El término quelato (en inglés chelate) se deriva de la palabra griega chela, pinza, porque el anillo que se forma entre el quelante y el metal es similar en apariencia a los brazos de un cangrejo con el metal en sus pinzas (Álvarez-Fernández *et al.*, 2003).

En la actualidad, los quelatos atraen poderosamente la atención debido a que son una excelente alternativa para adicionar metales de manera edáfica y foliar las plantas. Pueden ser aplicados teniendo siempre presentes las siguientes consideraciones: 1) incrementar la solubilización del metal, fierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn); 2) transportarlo hacia la raíz y/o hoja de la planta; 3) una vez ahí, ceder el metal (Fe, Zn, Mn), y, 4) la parte orgánica del quelato debe volver a solubilizar más metal (Fe, Zn, Mn) (Nowack, 2002).

Un quelato es un compuesto químico en el que una molécula orgánica rodea y se enlaza por varios puntos a un ion metálico, de manera que lo protege de cualquier acción desde el exterior evitando su hidrólisis y precipitación. Por tanto, químicamente hablando, los quelatos son moléculas muy estables (Cadahia, 2005). El proceso de quelatación es la habilidad de un compuesto químico para formar una estructura en anillo con un ion metálico resultando en un compuesto con propiedades químicas diferentes a las del metal original. El quelante impide que el metal siga sus reacciones químicas normales (Knepper, 2003).

En muchas aplicaciones no es recomendable usar un agente quelatante fuerte, por ejemplo, en las aplicaciones foliares de quelatos (García-Marco *et al.*, 2006). En estas, los agentes quelantes deben ser altamente fitocompatibles, es decir, no deben causar ningún desarreglo de los sistemas enzimáticos de las

plantas (Nowack, 2002). Con frecuencia se han observado daños consistentes en manchas de color café en las hojas de las rosas y manchas de color púrpura en las hojas del clavel, asociadas a las aspersiones foliares cuando contienen agentes quelantes demasiado fuertes (Cantera et al., 2002).

En el aspecto nutritivo, ya sea foliar o edáficamente, los quelatos resultan muy eficientes para corregir deficiencias o necesidades de la planta. Es por ello que se deben quelatar los elementos (Ammann, 2002).

Como se muestra en el cuadro 2, su uso vía foliar pretende que no se precipite en el medio extracelular o sirve para agregar una dosis relativamente grande sin que sea fitotóxico (Larbi *et al.*, 2003).

Cuadro 2. Importancia relativa (escala de 0 a10) de la quelatación para la nutrición vegetal por vía edáfica y foliar.

	Ca	Mg	Fe	Mn	Cu	Zn	B
Uso edáfico							
Para que el elemento no se precipite en el suelo	2	2	10	6	8	6	0
Para que el elemento sea más asimilable por la planta	1	1	8	4	8	6	0
Para poder agregar una dosis más grande sin que sea fitotóxico	0	0	4	4	3	4	0
Uso foliar							
Para poder agregar una dosis relativamente grande sin que sea fitotóxico	0	0	8	4	3	4	0
Para que no se precipite	0	0	8	6	3	2	0

Fuente: Lucena *et al.*, 2004.

Quelatación del hierro

La deficiencia de hierro (Fe), caracterizada por la falta de clorofila (clorosis), es un problema amplio y mundial en suelos calcáreos, así como sobre

encalados. Se encuentra tanto en monocotiledóneas (principalmente pastos) como en dicotiledóneas, y es especialmente severa en las rosáceas (Hansen *et al.*, 2006). Debido a la insolubilidad de los compuestos que se forman cuando este elemento se pone al suelo en forma de sales simples, es necesario agregarlo en forma de quelatos (Hansen *et al.*, 2006). Cuando una sal de Fe, cualquiera que sea, se encuentra en contacto con el oxígeno del aire, tiende a oxidarse a Fe^{+3} , y al contacto con un medio de pH neutro tiende a precipitarse como hidróxido férrico extremadamente insoluble (Korcak, 1987; Mengel y Geurtzen, 1988).

Quelatación del manganeso

Para que el manganeso (Mn) pueda ser absorbido por las raíces de las plantas, estas deben encontrarlo como Mn^{+2} o como quelato de Mn. Al pH prevaleciente en la generalidad de los suelos (5,5 – 6,5), la mayor parte del Mn se encuentra como MnO_2 insoluble. Este debe ser reducido y convertido a formas solubles previamente a su asimilación; la asimilación de este elemento es relativamente más fácil para las plantas que la del fierro (Wilkins, 1984).

Quelatación del cobre

Según Marschner (1986), el cobre (Cu) divalente, Cu^{+2} , se liga fuertemente con los ácidos húmicos y fúlvicos, formando complejos con la materia orgánica. (Lucena, 2006). En la solución del suelo hasta el 98% del Cu se encuentra generalmente quelatado por compuestos orgánicos de bajo peso molecular (Hogdson *et al.*, 1967). Entre estos compuestos se encuentran aminoácidos y ácidos fenólicos, así como ácidos polihidroxicarboxílicos. En solución acuosa, el ion Cu es absorbido más rápidamente que el Cu quelatado por agentes como el EDTA (Blair *et al.*, 1979) o el DTPA.

Quelatación del zinc

La concentración de zinc (Zn) en el suelo depende de la composición del material parental y de la mineralogía del suelo, especialmente de la concentración de cuarzo. Solamente una pequeña fracción del Zn está en forma intercambiable o soluble. Cerca de la mitad del Zn disuelto está presente como

cación Zn hidratado (Hansen *et al.*, 2006). La fracción soluble como catión divalente hidratado está inmediatamente disponible para las plantas. Casi nunca se ha encontrado un suelo medianamente provisto de Zn que tenga Zn soluble en ácido cítrico y que presente dificultad a las plantas para adquirir este elemento (Cadahia, 2005).

Quelatación del calcio

El calcio (Ca) es un elemento que normalmente es absorbido por las plantas como Ca^{+2} . Una de sus características especiales es que el Ca es un elemento no tóxico aun a concentraciones muy altas, y además es muy efectivo en la detoxificación de altas concentraciones de otros elementos en las plantas (Vasconcelos *et al.*, 2006). Las sales de Ca solubles, como el nitrato y el sulfato, son en general más económicas que los quelatos, de ahí que difícilmente se justifique la aplicación de un quelato de Ca por vía edáfica (Lucas y Knezek, 1972). En las hojas de las plantas que reciben altos niveles de Ca^{+2} durante el crecimiento, o que se cultivan bajo condiciones de alta intensidad luminosa, una gran proporción del material péctico aparece como pectato de Ca (Ammann, 2002). Este material hace el tejido altamente resistente a la degradación por la poligalacturonasa; una alta proporción de pectato de Ca en las paredes de las células determina alta resistencia de los tejidos a infecciones fungosas, así como a la maduración prematura de los frutos (Azcon-Bieto, 2000). Aunque se recomienda el nitrato y el cloruro de Ca para uso foliar, en algunos tejidos muy sensibles a las sales estos productos pueden causar quemaduras (Azcon-Bieto, 2000). En tales casos es preferible el uso de quelatos o sales orgánicas de Ca como el acetato y el lactato de Ca, en las cuales el radical ácido es de muy baja toxicidad y 100% fitocompatible (Cadahia, 2005).

Quelatación del magnesio

El magnesio (Mg) es absorbido por las raíces de las plantas principalmente como Mg^{+2} , el cual se encuentra en el suelo en forma de sales solubles como el sulfato, el nitrato y el cloruro (Hansen *et al.*, 2006). No se han tenido reportes de la necesidad de que el Mg deba estar quelatado para que pueda ser absorbido por

las raíces de las plantas o que la quelatación mejore su absorción (Lucena, 2006).

Los micronutrientes quelatados son generalmente la fuente más efectiva de elementos (Mortvedt, 1979). Entre los diversos agentes quelantes, el ácido cítrico es un hidroxí-ácido tricarboxílico orgánico que forma quelatos estables, asimilables y fitocompatibles con la mayoría de los cationes metálicos (Cadahia, 2005). El ácido cítrico ha sido usado para la quelatación efectiva de Mg, Ca, Zn, Mn, Fe, Cu, Mo, Co y otros metales (Larbi *et al.*, 2003). La importancia primaria de los quelatos metálicos solubles en el suelo se debe a su capacidad de incrementar la solubilidad de los cationes metálicos agregados (Shenker y Chen, 2005). Como consecuencia, la movilidad de estos metales se incrementa, tanto por difusión como por movimiento de masa, aumentando así la disponibilidad del metal para las raíces de las plantas (Shenker y Chen, 2005). Garrels y Christ (1965) demostraron que los ácidos orgánicos eran los responsables de mantener el Fe soluble dentro de las plantas. Bobtelsky y Jordan (1945) establecieron que el ión citrato era el compuesto más importante involucrado en mantener el Fe móvil en las plantas; también establecieron que el citrato de Fe es el compuesto fisiológicamente más importante translocado en las especies cultivadas.

Aplicaciones foliares Se puede recurrir a la aplicación foliar de nutrientes en algunas de las siguientes situaciones: 1) cuando es necesario un efecto muy rápido de los nutrientes; 2) cuando hay limitaciones en el suelo y radicales para la absorción de nutrientes, y 3) cuando las cantidades son tan pequeñas que se pueden aplicar eficientemente vía foliar (Azcon-Bieto, 2000). Las aplicaciones foliares de micronutrientes deberán siempre ir acompañadas de un surfactante que ayude a penetrar el producto al interior de las hojas (Wood, 2002). Las frecuencias de aplicación oscilan desde una semana hasta un trimestre; en algunos casos muy críticos pueden recomendarse hasta dos aplicaciones semanales (Ojeda *et al.*, 2003). El éxito de una aplicación foliar radica en el menor número posible de aplicaciones que logren suplir la necesidad de un elemento en particular (Wood, 2002).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1 Materiales

4.1.1 Ubicación del campo experimental

El presente trabajo de investigación, se desarrolló en el predio del señor Clemente Avila Margarín, cuya ubicación política y geográfica se detalla a continuación:

a. Ubicación Política

- Distrito: Shunté
- Provincia: Tocache
- Región: San Martín
- Sector: Metal

b. Ubicación Geográfica

- Latitud: 8° 11' 20''
- Longitud: 76° 30' 57''
- Altitud: 1340 m.s.n.m.m
- Zona de vida: Bosque húmedo tropical (bh-T).

4.1.2 Vías de acceso

La principal vía de acceso al campo experimental es la carretera Fernando Belaunde Terry (Tocache – Tarapoto) a la altura del km 5, con un desvío al margen izquierdo a 50 km, cerca al distrito de Shunté.

4.1.3 Características edafoclimáticas

a. Características climáticas

Ecológicamente donde se llevó a cabo el trabajo de investigación, presenta una zona de vida caracterizada por el bosque húmedo tropical (bh-T) (Holdridge, 1970). En el cuadro 3, se muestran los datos meteorológicos reportados por SENAMHI (2015) (Estación CO de Tocache-Huánuco de los meses de junio a diciembre de 2015), en donde la temperatura media mensual fue de 26.68 °C, la precipitación total mensual fue de 1026.80 mm., y la humedad relativa media mensual de 72,10%.

Cuadro 3: Datos meteorológicos

Meses	Temperatura Media Mensual (°C)	Precipitación total mensual (mm)	Humedad Relativa (%)
Junio	25,97	103,90	76,22
Julio	25,95	94,20	76,08
Agosto	26,59	113,90	71,99
Septiembre	27,44	98,40	67,99
Octubre	27,25	118,00	69,24
Noviembre	27,30	245,30	70,26
Diciembre	26,66	253,10	72,94
Total	186,80	1026,80	504,72
Promedio	26,68	146,68	72,10

Fuente: SENAMHI, 2015 – Estación CO-Tocache-Huánuco.

b. Características edáficas del sustrato

Cuadro 4: Características físicas-químicas del suelo

Determinaciones		Datos	Interpretación
Ph		6,28	Ligeramente Ácido
M.O (%)		2,53	Medio
C.E. (µS)		192,3	No hay problema de sales
N (%)		0,128	Normal
P (ppm)		8,36	Medio
K ₂ O (ppm)		145,32	Medio
Análisis mecánico (%)	(%) Arena	52,00	
	(%) Limo	36,00	
	(%) Arcilla	12,00	
	Clase textural	Franca Arcillo Arenoso	
CIC (meq)		15,57	
Cationes cambiables (meq)	Ca ⁺⁺ (meq/100 g)	1232	Normal
	Mg ⁺⁺ (meq/100 g)	2,32	Normal
	K ⁺ (meq/100 g)	0,372	Normal
	Na ⁺ (meq/100 g)	0,5600	Bajo

Fuente: Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNSM.T, 2015).

Según el cuadro 4, el suelo presenta una textura franca arcillo arenoso con un pH de 6,28, catalogado como moderadamente ácido, la materia orgánica se encuentra en un nivel medio con 2,53%, el % de nitrógeno es normal (0,128), el fósforo asimilable es medio con 8,36 ppm, el potasio disponible es medio con 145,32 ppm. Los cationes cambiabiles como el Ca^{++} y el Mg^{++} es normal (12,32 y 2,32) (Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA/UNSM.T, 2015).

4.1.4 Material biológico

- Semilla de café, variedad Catimor

Esta variedad es una planta de porte intermedio, con una altura de 1,90 a 2,30 metros, arquitectura compacta, tamaño de bandolas de 0,90 a 1,20 metros, con entrenudos cortos

(<http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC:Densidad-de-siembra>).

4.2 Metodología

El germinador fue construido el 15 de junio de 2015, con una dimensión de 1.0 de ancho x 2 m de largo, todos los días se aplicaba riego con la finalidad de mantener la humedad. La estancia de las semillas germinadas hasta el estado de fosforito, tuvo una duración de dos meses; es decir hasta el 15 de agosto de 2015.

La construcción del vivero, fue realizada el 15/08/2015, con materiales de la zona. El repique y embolsado se llevó a cabo el 16/08/2015, previa construcción del vivero, los cuales estuvieron por un periodo de cuatro meses de agosto.

4.2.1 Diseño experimental

Se utilizó el Diseño Completamente al Azar (DCA) con cuatro tratamientos. La información obtenida en campo, se procesó utilizando el Programa Estadístico

SPSS 22, se construyó el Análisis de Varianza y se determinó diferencias significativas con el P-valor a probabilidades de $P < 0,05$ y $P < 0,01$ y la diferencia estadística entre promedios de Tratamientos se realizó con la Prueba de Rangos Múltiples de Duncan a una $P < 0,05$. En el cuadro 4, se muestran los tratamientos en estudio y sus características.

Cuadro 5: Dosis de la fertilización foliar por tratamiento.

Tratamientos	Clave	Características
		Dosis de fertilización foliar química por tratamiento
1	T0	Testigo
2	T1	1,0 kg.ha ⁻¹ de Aquamaster N
3	T2	1,0 kg.ha ⁻¹ de Abonofol 20-20-20
4	T3	1,0 kg.ha ⁻¹ de Gold Power 40-10-10

En cada tratamiento se aplicó 100 g del producto (tratamiento) por 20 litros de agua en una bomba de mochila. Cada dosis fue aplicada cada 15 días y en cuatro oportunidades. La primera dosis se aplicó a los 90 días de estancia en el vivero.

a. Campo experimental del vivero

Bloques y tratamientos

Nº de bloques	: 04
Ancho	: 0,80 metros de cada bloque
Ancho total	: 4,70 metros
Largo	: 2,0 metros
Larglo total	: 8,30
Calle	: 0,50 m
Área total	: 39,01 m ²

4.2.2 Conducción del experimento

a. Limpieza del terreno

La limpieza del terreno se realizó manualmente con la ayuda de machete y lampa con el objetivo de eliminar las malezas y tener un terreno limpio para preparar y nivelar el campo experimental.

b. Nivelación del terreno

La nivelación del terreno se efectuó con la ayuda de un rastrillo.

c. Construcción del tinglado

La construcción del tinglado fue de 1,8 a 2 m de altura, y se colocaron postes perimetrales cada 3 a 5 m. Se utilizó materiales de la zona (hojas de palmera, entre otros), que permitieron regular la entrada de luz con un 40% de sombra y 60% de luz.

d. Llenado de sustrato en bolsas de polietileno

Se llenaron las bolsas con el sustrato, presionando con los dedos para un llenado adecuado de la base de la bolsa y las esquinas. Con la ayuda de una estaca, se presionó uniformemente para evitar la deformación y espacios vacíos en la bolsa. Se recomienda utilizar bolsas de 5"x7" con agujeros de 1 mm (para drenaje). El sustrato empleado consistió en usar tierra negra de los primeros centímetros del suelo, el cual fue analizado en el Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNSM-T (2015).

e. Repique de las plántulas de cafetos a bolsas

Consistió en sacar y seleccionar plántulas (fosforitos) del germinador, eliminando aquellas que presentan raíces torcidas, bifurcadas, atrofiadas y con presencia de enfermedades.

f. Manejo de vivero

Se realizaron las siguientes actividades:

- Riego por la mañana y tarde manteniendo una adecuada humedad.
- Deshierbo mensual.
- La aplicación de los abonos foliares químicos, se realizó a partir de los 90 días, en cuatro oportunidades y cada 15 días.
- Se realizó el monitoreo de plagas y enfermedades constantemente con la finalidad de efectuar el control oportuno.
- Manejar la sombra: al inicio dejar ingresar un 60% de luz, a partir del cuarto mes dejar expuestos los plantones al 100% de luz hasta su traslado a campo definitivo.

g. Aplicación del fertilizante foliar

La fertilización foliar química se aplicó a los tratamientos en base a Aquamaster N, Abonofol 20-20-20 y Gold Power 40-10-10, con dosis indicadas en el cuadro 2. Las dosis se aplicaron cada 15 días (ddt), dividido en cuatro partes.

4.2.3. Labores culturales

a. Control de maleza

Se realizó en forma manual supervisando la aparición de malezas.



Foto 1 y 2: Deshierbo y control de malezas
Foto: Avila, H (2015)

b. Riego

Se realizó en horas tempranas de la mañana y tarde en el día (6:30 am y 5:00 pm). El riego se efectuó tres veces por semana.



Foto 3 y 4: Riego de las plántulas
Foto: Avila, H (2015)

4.2.4 Indicadores evaluados

a. Altura de planta

Se evaluó a 10 plantones tomados al azar de cada tratamiento a partir de los 90 ddt (días después del trasplante) iniciando desde la base hasta la parte terminal del brote.



Foto 5 y 6: Midiendo la altura de planta
Foto: Avila, H (2015)

b. Número de hojas

Esta variable se evaluó a partir de los 90 ddt días, contabilizándose directamente las hojas que emitieron los ramilletes.



Foto 7: Conteo de hojas
Foto: Avila, H (2015)

c. Diámetro del tallo

Se realizó con la ayuda de un vernier a una altura de 2 centímetros de la superficie del sustrato de la bolsa, utilizando un taco de madera con una altura de 2 centímetros. Evaluándose los plantones de café de cada tratamiento.



Foto 8 y 9: Midiendo el diámetro del tallo de planta
Foto: Avila, H (2015)

d. Longitud de las hojas

La longitud de la hoja se realizó con la ayuda de una regla graduada en centímetros, se evaluó la longitud de la hoja de la parte media del follaje, desde el pedúnculo hasta el ápice, seleccionando una hoja al azar de cada planta. Se evaluó en cm. a los 120 días ddt en 10 plántulas tomadas al azar de las plántulas de café de cada tratamiento.



Foto 10 y 11: Midiendo la longitud de la planta
Foto: Avila, H (2015)

e. Peso fresco de las raicillas

Las mismas 10 plántulas de café que se realizó la evaluación de la longitud de las hojas, se utilizaron para registrar el peso fresco en gramos a los 120 días.



Foto 12: Limpieza de las raicillas para el peso fresco
Foto: Avila, H (2015)

g. **Peso de la biomasa fresca y seca**

El peso de la biomasa fresca y seca de la planta se realizó después de decapitarla a la altura del cuello o base del tallo, pesando las hojas, el tallo y las ramas en una balanza y el peso seco se hará después de secar todo en un horno a una temperatura de 104°C durante 24 horas.



Foto 13 y 14: Peso fresco y seco de la biomasa
Foto: Avila, H (2015)

h. **Área foliar**

Para esta variable fué necesario utilizar un trozo de cartulina de 100 centímetros cuadrados (10 x 10). Se colocaron todas las hojas de la planta en el papel, para ver que área de este cubren y en base a esto se determinó que porcentaje del papel cubre el área foliar de cada planta y esta fue el área foliar de la planta.



Foto 15 y 16: Hojas para el area foliar
Foto: Avila, H (2015).

V. RESULTADO Y DISCUSIONES

5.1. Resultados

5.1.1 Altura de planta (cm)

Cuadro 6: Análisis de Varianza para la Altura de planta (cm)

Fuente de variabilidad	S.C.	G.L.	C. M.	F.C.	P-valor	Sig.
Bloques	17,802	3	5,934	2,948	0,091	N.S.
Tratamientos	71,322	3	23,774	11,809	0,002	**
Error exp.	18,119	9	2,013			
Total	107,243	15				

C.V. = 8,9%

$R^2 = 83,1\%$

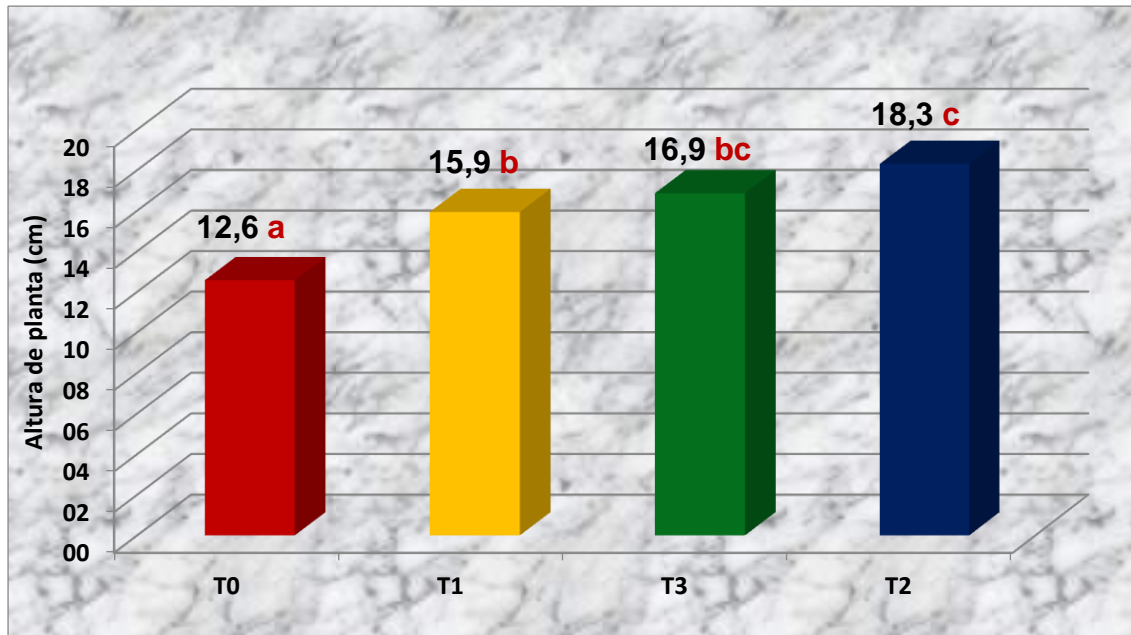


Gráfico 1: Prueba de Duncan ($P < 0,05$) para los pormedios de tratamientos respecto a la altura de planta.

5.1.2 Número de hojas por planta

Cuadro 7: Análisis de Varianza para el Número de hojas (transformado \sqrt{x})

Fuente de variabilidad	S.C.	G.L.	C. M.	F.C.	P-valor	Sig.
Bloques	0,109	3	0,036	1,389	0,308	N.S.
Tratamientos	0,360	3	0,120	4,565	0,033	*
Error exp.	0,236	9	0,026			
Total	0,706	15				

C.V. = 4,7%

$R^2 = 66,5\%$

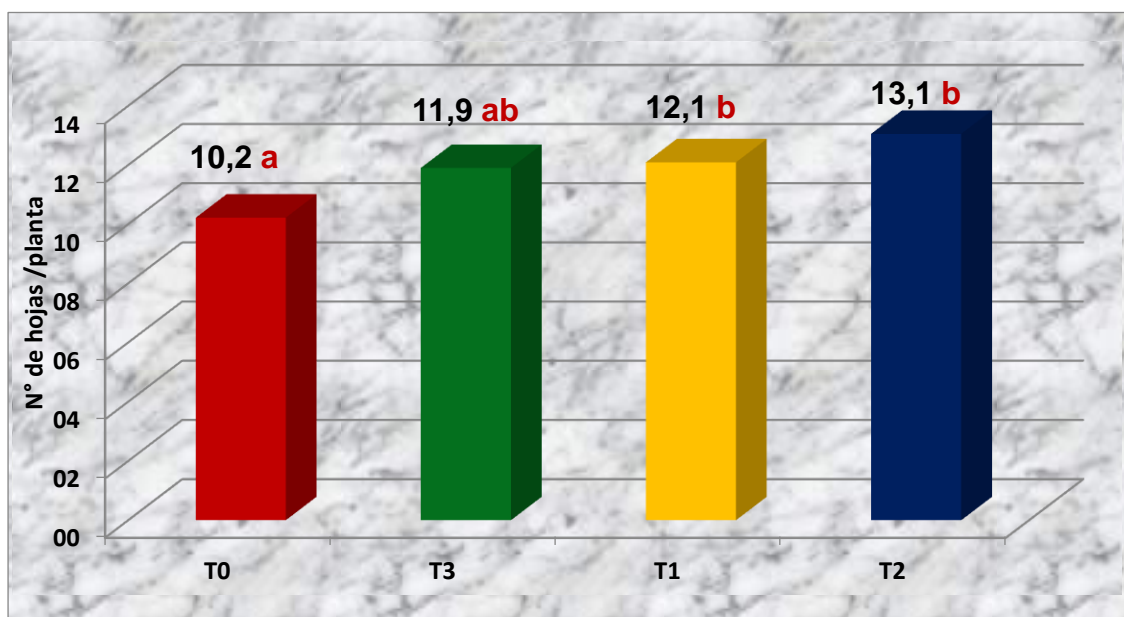


Gráfico 2: Prueba de Duncan ($P < 0,05$) para los pormedios de tratamientos respecto al número de hojas por planta.

5.1.3 Diámetro del tallo (cm)

Cuadro 8: Análisis de Varianza para el Diámetro del tallo (cm)

Fuente de variabilidad	S.C.	G.L.	C. M.	F.C.	P-valor	Sig.
Bloques	0,010	3	0,003	1,033	0,423	N.S.
Tratamientos	0,261	3	0,087	25,901	0,000	**
Error exp.	0,030	9	0,003			
Total	0,302	15				

C.V. = 6,9%

$R^2 = 90,0\%$

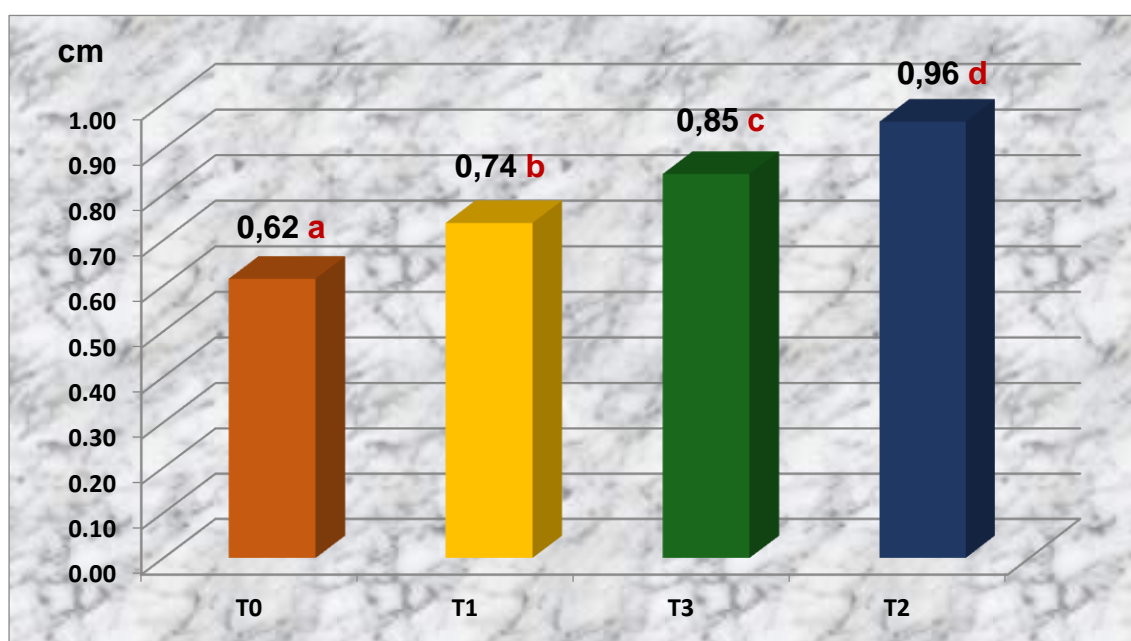


Gráfico 3: Prueba de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto al diámetro del tallo.

5.1.4 Longitud de hojas (cm)

Cuadro 9: Análisis de Varianza para la Longitud de hojas (cm)

Fuente de variabilidad	S.C.	G.L.	C. M.	F.C.	P-valor	Sig.
Bloques	3,619	3	1,206	1,916	0,197	N.S.
Tratamientos	37,423	3	12,474	19,815	0,000	**
Error exp.	5,666	9	0,630			
Total	46,708	15				

C.V. = 6,3% $R^2 = 87,9\%$

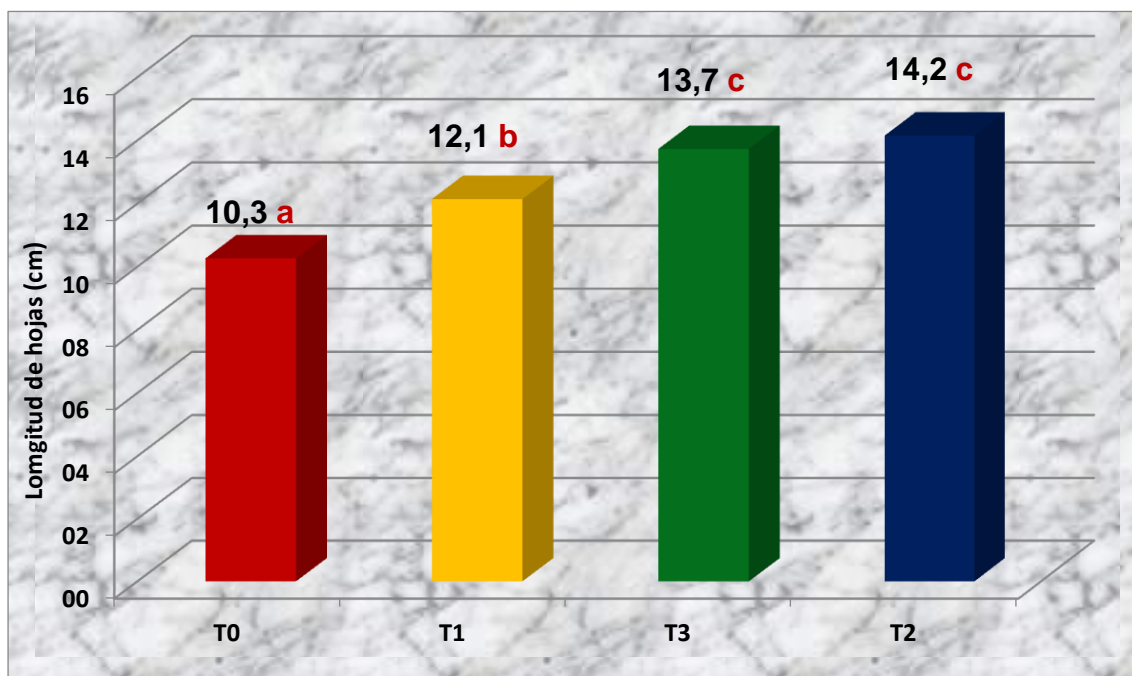


Gráfico 4: Prueba de Duncan ($P < 0,05$) para los promedios de tratamientos respecto a la longitud de las hojas.

5.1.5 Peso fresco de raicillas (g)

Cuadro 10: Análisis de Varianza para el Peso fresco de raicillas (g).

Fuente de variabilidad	S.C.	G.L.	C. M.	F.C.	P-valor	Sig.
Bloques	0,112	3	0,037	0,353	0,788	N.S.
Tratamientos	2,859	3	0,953	9,030	0,004	**
Error exp.	0,950	9	0,106			
Total	3,921	15				

C.V. = 23,9% $R^2 = 75,8\%$

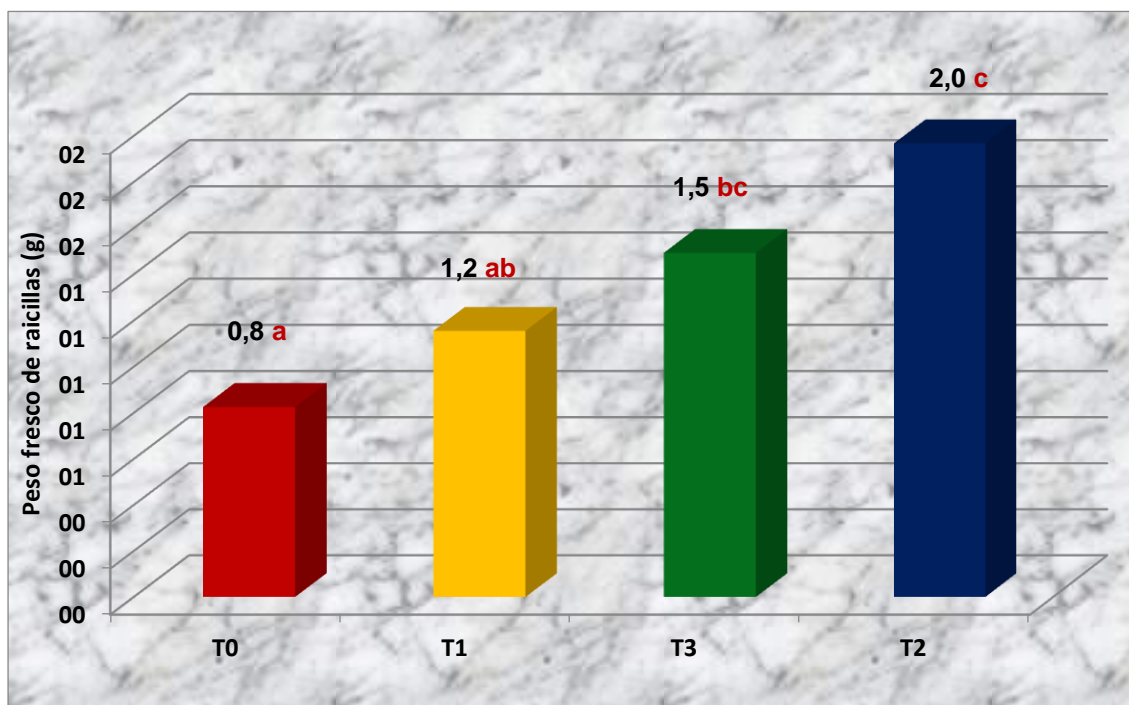


Gráfico 5: Prueba de Duncan ($P < 0,05$) para los pormedios de tratamientos respecto al peso fresco de raicillas.

5.1.6 Peso de la biomasa fresca (g)

Cuadro 11: Análisis de Varianza para el Peso de la biomasa fresca (g)

Fuente de variabilidad	S.C.	G.L.	C. M.	F.C.	P-valor	Sig.
Bloques	4,461	3	1,487	1,223	0,357	N.S.
Tratamientos	68,040	3	22,680	18,649	0,000	**
Error exp.	10,945	9	1,216			
Total	83,445	15				

C.V. = 13,2

$R^2 = 86,9\%$

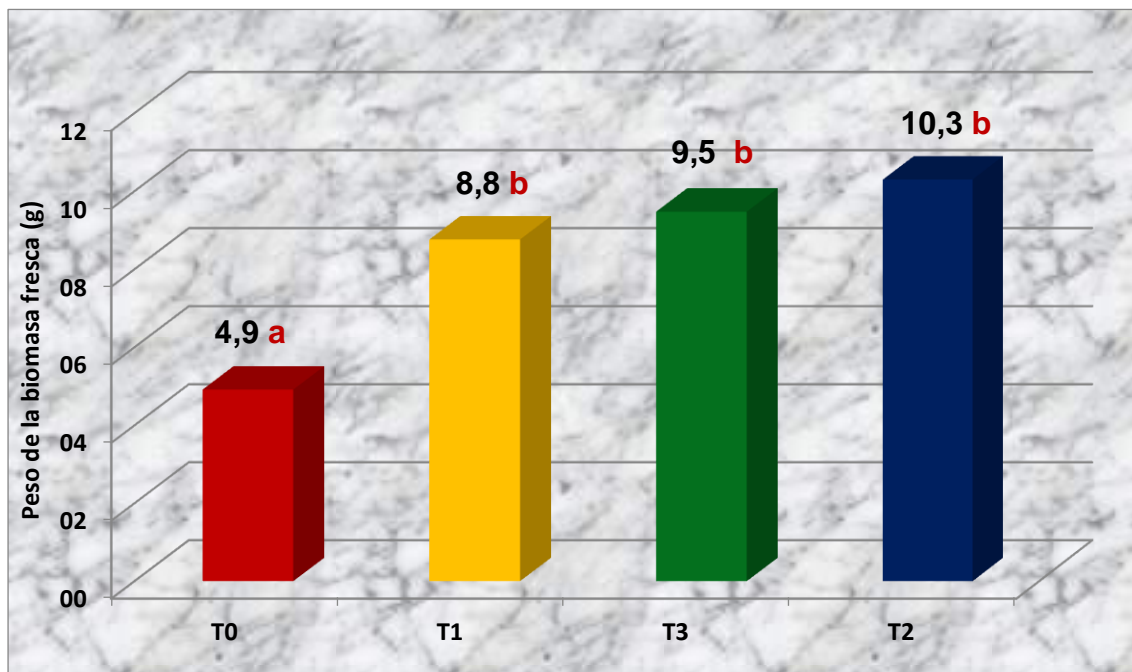


Gráfico 7: Prueba de Duncan ($P < 0,05$) para los pormedios de tratamientos respecto al peso de la biomasa fresca.

5.1.7 Peso de la biomasa seca (g)

Cuadro 12: Análisis de Varianza para el Peso de la biomasa seca (g)

Fuente de variabilidad	S.C.	G.L.	C. M.	F.C.	P-valor	Sig.
Bloques	0,546	3	0,182	2,880	0,095	N.S.
Tratamientos	4,775	3	1,592	25,167	0,000	**
Error	0,569	9	0,063			
Total corregido	5,890	15				

C.V. = 13,4%

$R^2 = 90,3\%$

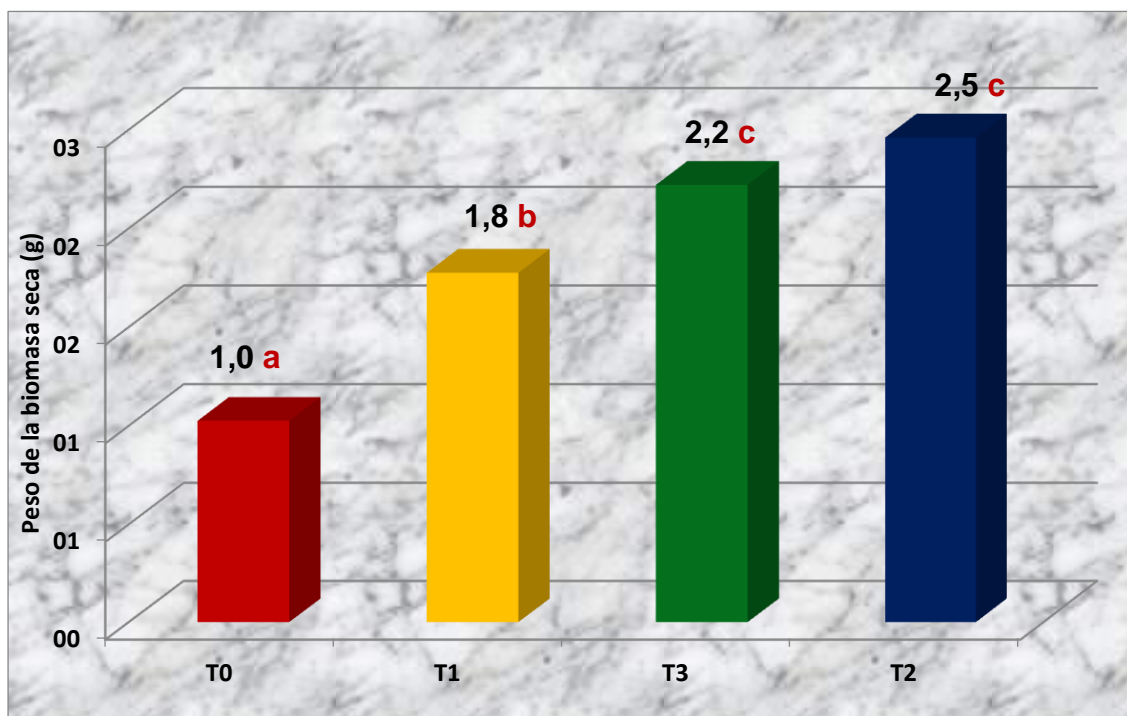


Gráfico 8: Prueba de Duncan ($P < 0,05$) para los pormedios de tratamientos respecto al peso de la biomasa seca.

5.1.8 Área foliar

Cuadro 13: Análisis de Varianza para el Área foliar (cm²)

Fuente de variabilidad	S.C.	G.L.	C. M.	F.C.	P-valor	Sig.
Bloques	6,449	3	2,150	393	0,761	N.S.
Tratamientos	530,296	3	176,765	32,308	0,000	**
Error exp.	49,242	9	5,471			
Total	585,987	15				

C.V. = 9,2% $R^2 = 91,6\%$

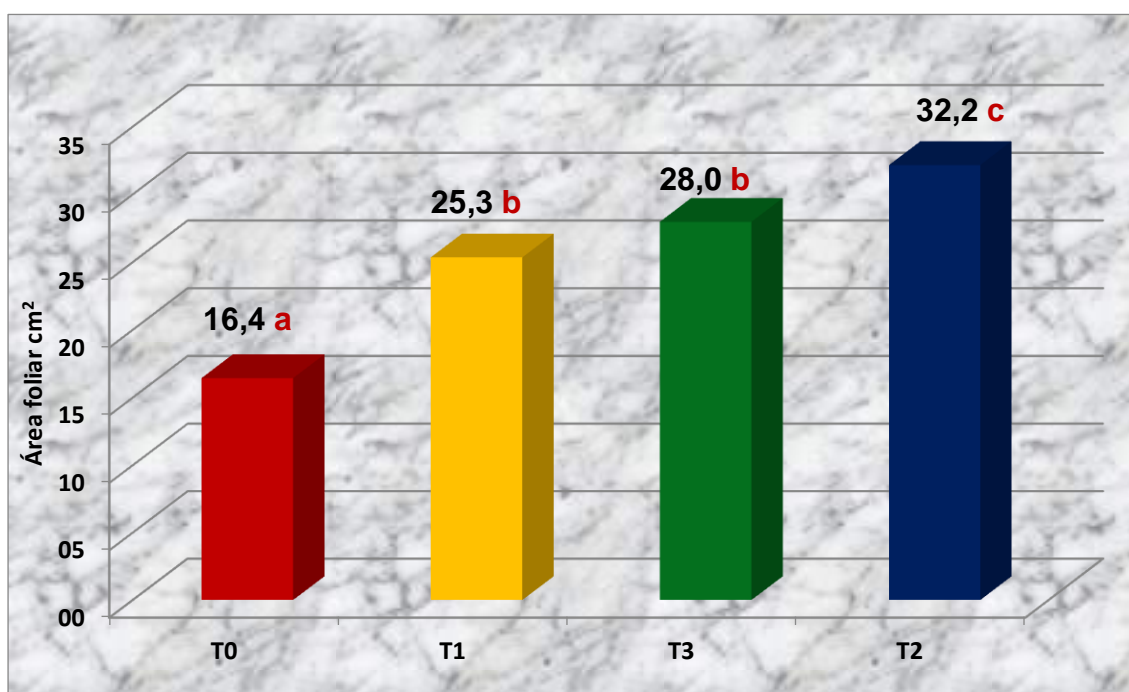


Gráfico 9: Prueba de Duncan (P<0,05) para los promedios de tratamientos respecto al área foliar.

5.2 Discusiones

5.2.1 Para la altura de planta (cm)

El análisis de varianza para la altura de planta (cm), determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos (cuadro 6), por lo que se asume que al menos uno de los tratamientos fue distinto a los demás. La acción de los abonos foliares convencionales (tratamientos) sobre la altura de planta esta muy bien explicado estadísticamente por el Coeficiente de Determinación (R^2) en 83,1% por lo que este comportamiento asegura una respuesta relevante. Así mismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con 8,9% asegura la confiabilidad necesaria y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan (gráfico 1) para las medias de la altura de planta por tratamiento, también expresó la existencia de diferencias significativas entre promedios de tratamientos, mostrando que con el tratamiento T2 (1.0 kg.ha⁻¹ de Abonofol 20-20-20), obtuvo la mayor altura de planta con 18,3 cm, siendo estadísticamente igual al T3 (1.0 kg.ha⁻¹ de Gold Power 40-10-10) con 16,9 cm de altura de planta y superando estadísticamente a los promedios de los tratamientos T1 (1,0 Aquamaster N) y T0 (testigo) quienes alcanzaron promedios de 15,9 cm y 12,6 cm de altura de planta respectivamente.

Durante el crecimiento, la formación de los tejidos de las plantas sigue básicamente tres pasos: la división (o mitosis) de las células embrionarias para formar nuevas células, el agrandamiento y/o alargamiento de estas células y su diferenciación final en células con una función específica, ya sean vasos, células fotosintéticas, almacenadoras, epidérmicas, etc., que desempeñarán su función durante el resto de su existencia ya sea en forma viva o no, dependiendo de cuál sea el tejido u órgano que se esté desarrollando. La sustancia responsable de la elongación celular es la Auxina. Esta fitohormona se forma en las células en la punta de la rama y se distribuye de una célula a otra. Como tal, la hormona se

transporta a través de muchas células de la planta antes de que llegue a su destino final.

Todo este proceso para que alcancen los mayores promedios de altura de planta tanto del tratamiento (T2) y del tratamiento (T3), estuvieron relacionados por el aporte foliar de los nutrientes tanto macro y micro nutrientes que absorbieron las hojas de las plantas aplicadas con Abonofol 20-20-20 y Gold Power

40-10-10

(<http://www.silsa.com.pe/intranet/InformacionProductosLimpieza/HOJASEGURIDAD/HOJA%20DE%20SEGURIDAD%20DEL%20ABONO%20FOLIAR%20905005.pdf>; <http://moragues.pe/tqc/wp>), cuyos efectos de ambos abonos foliares, incidieron por el mayor aporte de nutrientes. Las hojas de los plantones de café asimilaron rápidamente y corrigieron las deficiencias nutricionales, siendo esta manifestación un complemento a la fertilización del suelo (Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNSM-2015).

Para que el funcionamiento metabólico de la planta sea adecuado y su desarrollo óptimo, es necesario que las sustancias nutritivas se encuentren en equilibrio, que interactúen en forma armónica, es posible que esta manifestación se haya llevado a cabo en ambos tratamientos, incidiendo en un mayor desarrollo fisiológico y metabólico de los plantones de café, variedad Catimor (Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNSM-T,2015; http://www.plmlatina.com.pe/deaq/src/productos/4890_43.htm y http://dev.moragues.pe//tqc/wp-content/uploads/2011/abonofol:202020_ficha.pdf).

Las plántulas que crecieron en el tratamiento testigo, no respondieron significativamente frente a la aplicación de los fertilizantes foliares.

Similares resultados obtuvieron (http://dev.moragues.pe//tqc/wp-content/uploads/2011/abonofol:202020_ficha.pdf), cuando aplicaron Abonofol 20-20-20 en el cultivo de café, el efecto de sus componentes como el nitrógeno, fósforo, potasio y microelementos quelatizados, solubles en el agua y

asimilables por las plantas, corrigieron las deficiencias nutricionales del suelo, por su rápida asimilación a través de las hojas.

Otros autores como Tisdale *et al.*, (1985); Fregoni (1986), Rodríguez (1997) y Fageria (1997); mencionan que los problemas de la fertilización del suelo se pueden resolver, fácilmente con la fertilización foliar, debido a que corrigen las deficiencias nutricionales que tiene el suelo o sustrato empleado.

5.2.2 Para el número de hojas por planta

El análisis de varianza para el número de hojas por planta, determinó la existencia de diferencias significativas ($P < 0.05$) para la fuente de variabilidad Tratamientos (cuadro 7) por lo que se asume que al menos uno de los tratamientos fue distinto a los demás. La acción de los abonos foliares convencionales (tratamientos) sobre las hojas por planta es bien explicado estadísticamente por el Coeficiente de Determinación (R^2) en 66,5% por lo que este comportamiento asegura una respuesta no muy relevante. Así mismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con 4,7% asegura la confiabilidad necesaria y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan (gráfico 2) para las medias del número de hojas por planta por tratamiento, también expresó la existencia de diferencias significativas entre promedios de tratamientos, mostrando que con los tratamientos T2 (1.0 kg.ha^{-1} de Abonofol 20-20-20) y T1 (1.0 Aquamaster N), se obtuvieron los mayores promedios con 13,1 hojas y 12,1 hojas por planta, respectivamente, siendo estadísticamente igual al T3 (1.0 kg.ha^{-1} de Gold Power 40-10-10) con 11,9 hojas por planta y superando estadísticamente al promedio del tratamiento T0 (testigo) quien alcanzó un promedio 10,2 hojas por planta.

La no diferencia significativa entre los tratamientos T2, T3 y T1, estuvieron relacionados porque la respuesta es genética, propio de la variedad. Los procesos de crecimiento y diferenciación se alternan durante todas las etapas

de vida de la planta, desde el desarrollo del embrión, pasando por la etapa juvenil hasta la planta adulta en donde continuamente se están diferenciando apéndices tales como hojas, flores y frutos.

Una mayor altura de planta en la fase de vivero, conlleva a un aumento del número de hojas y por tanto a un mayor contenido de clorofila (Rodríguez *et al.*, 1998), para que se realicen estos incrementos, se infiere que hubo una buena absorción de nutrientes, en especial del nitrógeno, fósforo y magnesio (Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNSM.T, 2015). En donde el nitrógeno fue esencial para el crecimiento y el desarrollo vigoroso de la planta (tallos, hojas, brotes) proporcionando el color verde intenso a la hoja; e incrementando los niveles de proteína. El fósforo desempeñó un papel importante en el desarrollo del sistema radicular de las plántulas de café, así como en la formación del tejido leñoso. El magnesio fue el principal componente de la molécula de clorofila de allí el color verde de la hoja y su importancia en el proceso fotosintético, indispensable en la absorción y metabolismo del fósforo, interviniendo también en el aprovechamiento del potasio y la acumulación de azúcares. Los gránulos de clorofila absorbieron con más frecuencia los fotones y su inherencia en la mayor formación de la tasa fotosintética (Castro *et al.*, 2004; http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_163.pdf).

Es importante recalcar la importancia del efecto que tienen los quelatantes tanto de Abonofol 20-20-20 así como de Gold Power 40-10-10, éstos fueron una excelente alternativa para adicionar metales de manera foliar a las plantas, es posible que incrementaron la solubilización del metal fierro (Fe), zinc (Zn), manganeso (Mn) (Novac, 2002; Álvarez-Fernández *et al.*, 2003; Hansen *et al.*, 2006)), dándole más fortalecimiento al crecimiento de las plantas. Es posible también, que los agentes quelatantes fueron compatibles en el desarrollo de las hojas; es decir; no causaron desarreglos de los sistemas enzimáticos de las plantas de cafeto (Novac, 2002), por que no causaron manchas en la coloración de las hojas, debido a que los quelatantes no fueron fuertes (Cantera *et al.*, 2002).

5.2.3 Para el diámetro del tallo

El análisis de varianza para el diámetro del tallo, determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos (cuadro 8) por lo que se asume que al menos uno de los tratamientos fue distinto a los demás. La acción de los abonos foliares convencionales (tratamientos) sobre el diámetro del tallo están muy bien explicado estadísticamente por el Coeficiente de Determinación (R^2) en 90,0% por lo que este comportamiento asegura una respuesta relevante. Así mismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con 6,9% define la confiabilidad necesaria y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan (gráfico 3) para las medias el diámetro del tallo por tratamiento, también expresó la existencia de diferencias significativas entre promedios de tratamientos, mostrando que con el tratamiento T2 (1.0 kg.ha⁻¹ de Abonofol 20-20-20) se obtuvo el mayor promedio con 0,96 cm de diámetro del tallo, superando estadísticamente a los tratamientos T3 (1.0 kg.ha⁻¹ de Gold Power 40-10-10), T1 (1,0 Aquamaster N) y T0 (testigo) quienes alcanzaron promedios de 0,85 cm, 0,74 cm y 0,62 cm de diámetro del tallo respectivamente.

Las plantas crecidas en el tratamiento T2, obtuvieron el mayor diámetro del tallo, debido a la mayor disponibilidad de nutrientes que tuvo el abonamiento foliar Abonofol, cuyos resultados obtenidos permiten afirmar que la fertilización foliar en almácigo de café a base de Abonofol 20-20-20, es una alternativa viable para el caficultor para obtener plántulas de mayor diámetro del tallo (Malavolta, 2000).

Resultados similares también obtuvo (Bennie, 1996), al indicar que el aumento del grosor del tallo, es consecuencia del aumento del número y diámetro de los vasos del xilema, lo cual mejora la conductividad para el paso del agua, todo este proceso amerita indicar porque razón el tratamiento (2) obtuvo mayor diámetro del tallo.

Los resultados obtenidos indican, que cuando se fomenta el cultivo de café en la etapa de almácigo, el contenido del sustrato debe ser rico en nutrientes, aunado a la aplicación de la fertilización foliar, como resultado se obtienen plantas vigorosas, sanas, y adecuadas para realizar el trasplante al campo definitivo (Ortiz, 1978; Malevota, 2000). Malevota (2000), admite que, en la etapa de almácigo, el nitrógeno y el fósforo son los nutrientes más predominantes en el desarrollo fisiológico del plantón.

5.2.4 Para la longitud de hojas

El análisis de varianza para la longitud de hojas, determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos (cuadro 9) por lo que se asume que al menos uno de los tratamientos fue distinto a los demás. La acción de los abonos foliares convencionales (tratamientos) sobre la longitud de hojas están muy bien explicado estadísticamente por el Coeficiente de Determinación (R^2) en 87,9% por lo que este comportamiento asegura una respuesta relevante. Así mismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con 6,3% define la confiabilidad necesaria y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan (gráfico 4) para las medias el diámetro del tallo por tratamiento, también expresó la existencia de diferencias significativas entre promedios de tratamientos, mostrando que con los tratamientos T2 (1.0 kg.ha⁻¹ de Abonofol 20-20-20) y T3 (1.0 kg.ha⁻¹ de Gold Power 40-10-10) se obtuvieron los mayores promedios con 14,2 cm y 13,7 cm de longitud de la hoja respectivamente, siendo estadísticamente iguales y superando estadísticamente a los tratamientos T1 (1,0 Aquamaster N) y T0 (testigo) quienes alcanzaron promedios de 12,1 cm y 10,3 cm de longitud de la hoja respectivamente.

Los mayores resultados obtenidos se deben a la inherencia de los nutrientes del contenido tanto del sustrato, así como de los abonos foliares aplicados a los plantones de café en condiciones de vivero y básicamente han

tenido más influencia el nitrógeno y el fósforo (Malevota, 2000). El nitrógeno, ya sea absorbido del suelo o aplicado foliarmente, se incorpora a la planta en forma de aminoácidos, primeramente, en hojas verdes. A medida que aumenta el suministro de nitrógeno, las proteínas sintetizadas a partir de los aminoácidos, se transforman en crecimiento de las hojas, aumentando la superficie fotosintética. Los tejidos con mayores porcentajes de fósforo en sus células son aquellos que demandan un alto consumo de energía, como son las regiones meristemáticas de la parte aérea y radical, y la de frutos jóvenes en pleno desarrollo. Estas apreciaciones son contundentes para inferir porque hubo mayor desarrollo de la longitud de la hoja en los tratamientos (T2 y T3).

5.2.5 Para el peso fresco de raicillas

El análisis de varianza para el peso fresco de raicillas, determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos (cuadro 10) por lo que se asume que al menos uno de los tratamientos fue distinto a los demás. La acción de los abonos foliares convencionales (tratamientos) sobre el peso fresco de raicillas están muy bien explicado estadísticamente por el Coeficiente de Determinación (R^2) en 75,8% por lo que este comportamiento asegura una respuesta relevante. Sin embargo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con 23,9% no nos asegura la confiabilidad necesaria debido posiblemente a que esta variable puede implicar una gran variabilidad, posiblemente a la características de las raicillas de plasmolizarse rápidamente al aire libre, lo que impediría mediciones oportunas, siendo además que este valor se encuentra fuera del rango de aceptación propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan (gráfico 5) para las medias el peso fresco de raicillas por tratamiento, también expresó la existencia de diferencias significativas entre promedios de tratamientos, mostrando que con los tratamientos T2 ($1.0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Abonofol 20-20-20) y T3 ($1.0 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de Gold Power 40-10-10) se obtuvieron los mayores promedios con 2,0 g y 1,5 g de peso fresco de raicillas, respectivamente siendo estadísticamente iguales y superando

estadísticamente a los tratamientos T1 (1,0 Aquamaster N) y T0 (testigo) quienes alcanzaron promedios de 1,2 g y 0,8 g de peso de raicillas respectivamente.

La mayor cantidad de nutrientes tanto de Abonofol 20-20-20 así como de Gold Power 40-10-10, fue el complemento necesario para que se incremente el peso fresco de las raicillas, de hecho, los rendimientos de la mayoría de los cultivos aumentan linealmente con la cantidad de fertilizante que absorben (Coll & Gregorio, 2005). La inherencia de ambos fertilizantes foliares determinaron el aumento de la producción de biomasa de las raicillas (Cubero & Vieira, 1999). El componente del crecimiento de las raicillas fue la expansión celular dirigida por la presión de turgencia (Taiz & Zeiger, 2008). Durante el proceso, las células aumentan en volumen varias veces (Azcon & Coor, 2008). Son razones fundamentales para indicar por que razón se incrementó el peso fresco de las raicillas.

5.2.6 Para el peso de la biomasa fresca

El análisis de varianza para el peso de la biomasa fresca, determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos (cuadro 11) por lo que se asume que al menos uno de los tratamientos fue distinto a los demás. La acción de los abonos foliares convencionales (tratamientos) sobre el peso de la biomasa fresca está muy bien explicado estadísticamente por el Coeficiente de Determinación (R^2) en 86,9% por lo que este comportamiento asegura una respuesta relevante. Así mismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con 13,2% define la confiabilidad necesaria y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan (gráfico 7) para las medias del peso de biomasa fresca por tratamiento, también expresó la existencia de diferencias significativas entre promedios de tratamientos, mostrando que con los tratamientos T2 (1.0 kg.ha⁻¹ de Abonofol 20-20-20), T3 (1.0 kg.ha⁻¹ de Gold

Power 40-10-10) y T1 (1,0 Aquamaster N) se obtuvieron promedios estadísticamente iguales entre sí con 10,3 g, 9,5 g y 8,8 g de peso fresco de la biomasa respectivamente y superando estadísticamente al tratamiento T0 (testigo) quien alcanzó un promedio de 4,9 g de peso de la biomasa fresca.

5.2.7 Para el peso de la biomasa seca

El análisis de varianza para el peso de la biomasa seca, determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos (cuadro 12) por lo que se asume que al menos uno de los tratamientos fue distinto a los demás. La acción de los abonos foliares convencionales (tratamientos) sobre el peso de la biomasa seca está muy bien explicado estadísticamente por el Coeficiente de Determinación (R^2) en 90,3% por lo que este comportamiento asegura una respuesta relevante. Así mismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con 13,4% define la confiabilidad necesaria y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan (gráfico 8) para las medias del peso de biomasa fresca por tratamiento, también expresó la existencia de diferencias significativas entre promedios de tratamientos, mostrando que con los tratamientos T2 (1.0 kg.ha⁻¹ de Abonofol 20-20-20) y T3 (1.0 kg.ha⁻¹ de Gold Power 40-10-10) se obtuvieron promedios estadísticamente iguales entre sí con 2,5 g y 2,2 g de peso de la biomasa seca respectivamente y superando estadísticamente a los tratamientos T1 (1,0 Aquamaster N) y T0 (testigo) quienes alcanzaron promedios de 1,8 g y 1,0 g de peso de la biomasa seca.

5.2.8 Para el área foliar

El análisis de varianza para el área foliar, determinó la existencia de diferencias altamente significativas ($P < 0.01$) para la fuente de variabilidad Tratamientos (cuadro 13) por lo que se asume que al menos uno de los tratamientos fue distinto a los demás. La acción de los abonos foliares convencionales

(tratamientos) sobre el área foliar está muy bien explicado estadísticamente por el Coeficiente de Determinación (R^2) en 91,6% por lo que este comportamiento asegura una respuesta relevante. Así mismo, el Coeficiente de Variabilidad (C.V.) con 9,2% define la confiabilidad necesaria y la cual se encuentra dentro del rango de aceptación propuesto por Calzada (1982).

La prueba de Duncan (gráfico 14) para las medias del área foliar por tratamiento, también expresó la existencia de diferencias significativas entre promedios de tratamientos, mostrando que con el tratamiento T2 (1.0 kg.ha⁻¹ de Abonofol 20-20-20) se obtuvo el mayor promedio con 32,2 cm² de área foliar, superando estadísticamente a los tratamientos T3 (1.0 kg.ha⁻¹ de Gold Power 40-10-10), T1 (1,0 Aquamaster N) y T0 (testigo) quienes alcanzaron promedios de 28,0 cm², 25,3 cm² y 16,4 cm² de área foliar respectivamente.

La mayor área foliar (AF) alcanzada por las plantas de café, variedad Catimor, tratadas con el abono foliar (Abonofol 20-20-20), durante la fase de almácigo, estuvo relacionada con la absorción de la temperatura media mensual registrada durante el periodo de seis meses que fue de 26.68 °C (SENAMHI, 2015, Estación CO Tocache-Huánuco), y del contenido del abono foliar obteniendo mayor área foliar; es decir, se incrementó la capacidad de la cubierta vegetal que sirvió para interceptar la radiación fotosintéticamente activa (RFA), la cual fue una fuente primaria de energía utilizada por las plantas para la fabricación de tejidos y elaboración de compuestos alimenticios. En resumen, los efectos de la fertilización foliar a base del mayor contenido de nutrientes aplicados con Abonofol 20-20-20, corrigieron las deficiencias de nutrimentos del suelo (Swietlik y Faust, 1984), los cuales fueron reflejados con la mayor producción de área foliar, evidenciando mayor exigencia de los plantones de café por el indicado fertilizante foliar,

CONCLUSIONES

- La aplicación de los abonos foliares convencionales (1.0 kg.ha^{-1} de Abonofol 20-20-20, 1.0 kg.ha^{-1} de Gold Power 40-10-10 y 1.0 Aquamaster N) arrojaron respuestas superiores estadísticamente al tratamiento T0 (testigo) en todas las variables evaluadas.
- Con la aplicación de 1.0 kg.ha^{-1} de Abonofol 20-20-20 (T2) se obtuvieron las mejores respuestas estadísticas respecto a la altura de planta con 18,3 cm, 13,1 hojas por planta, 0,96 cm de diámetro del tallo, 14,2 cm de longitud de las hojas, 2,0 g de peso fresco de raicillas, 89,0 raicillas por planta, 10,3 g de peso de bioamsa fresca, 2,5 g de peso de biomasa seca y $32,2 \text{ cm}^2$ de área foliar.

RECOMENDACIONES

- Bajo condiciones de vivero, el abono foliar químico Abonofol 20-20-20, resultó ser el más eficaz en comparación con los abonos foliares químicos Aquamaster - N y Gold Power 40-10-10, debido a que contiene mayor calidad nutritiva (macro y micronutrientes, así como de fitohormonas) incidiendo en un mayor desarrollo y crecimiento de los plántones de café (*Coffea arabica*), variedad Catimor, bajo condiciones de vivero en el distrito de Shunté, provincia de Tocache.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Acknow, B. (2002). “*Environmental Chemistry of Aminopolycarboxylate Chelating Agents*”, Environ. Sci. Technol., 36, pp. 4009- 4016.
- Álvarez-Fernández, A.; Paniagua, P.; abadía, J. y Abadía, A. (2003). “*Effects of Fe Deficiency Chlorosis on Yield and Fruit Quality in Peach (Prunus persica L. Batsch)*”, J. Agric. Food. Chem., 51, pp. 5738- 5844.
- Ammann, A. A. (2002). “*Speciation of Heavy Metals in Environmental Water by Ion Chromatography Coupled to ICPM-MS*”, Anal. Bioanal. Chem., pp. 448-452.
- Arcilla, P. D.; Chavez, C. B. (1995). *Desarrollo foliar*. Revista Cenicafe, Colombia (Col.). Vol. 46. No 1. P. 5-20.
- Azcon, B. y Coor, J. (2008). *Fundamentos de fisiología vegetal*. Editorial MacGraw-Hill, interamericana Editores. 546-574pp.
- Ázcon-Bieto. (2000). *Fundamentos de Fisiología Vegetal*. McGraw-Hill Interamericana, España, pp. 238-246.
- Awatramani, N. A.; Gopalakrishna, H. K. (1964). *Measurement of leaf área in coffe-I Coffea arabica*. In 17th Annual conference of Indian Society of Agricultural Statistics at Jaipur. 1-6.
- Bennie, A. T. (1996). *Growth and mechanical impedance*. In: Waisel, Eshel Y. A., and U. Kafkafi (eds). *Plant Roots. The Hidden Half*. Marcel Dekker, New York. pp: 453–470.
- Bear, F. E. (1965). *Chemistry of soil*. Second Edition. Reinhold Publishing Corporation. New York, N.Y. USA.
- Bidweil, R. G. S. (1979). *Plant physiology*. MacMillan Publishing Co, Inc. New York, N.Y. USA.
- Blair, Gary T.; Zienty, Mitchell F. (1979) *Citric Acid: Properties and Reactions*, Citro-tech Division, Miles Laboratories, Inc., Elkhart, Indiana.
- Bobtelsky, M. y Jordan, J. (1945). “*The metallic complexes of tartrates and citrates, their structure and behavior in dilute solutions*”, J. Amer. Chem. Soc., 67, pp. 1824.

- Cantera, R. G.; Zamarreño, A. M. y garcía-Mina, J. M. (2002). “*Characterization of Commercial Iron Chelates and their Behavior in an Alkaline and Calcareous Soil*”, J. Agric. Food Chem., 50, pp. 7609-7615.
- Calzada, B. (1982). *Métodos Estadísticos para la Investigación*. Editorial Milagros S. A. Lima - Perú. 644 Págs.
- Campollo, E. H.; Jiménez, O. y Villeda, S. A. (1985). *Fertilización*. En: *Revista Cafetera ANACAFÉ*. No. 259; p.15-24.
- Carvajal, J. F. (1984). *Cafeto*. Cultivo y Fertilización. Berna, Instituto Internacional de la Potasa. Berna. 254 p.
- Castillo, N. (1977). *Ciontrol químico de cercosphora coffeicola (berck y cooke), agente causal de la mancha de hierro de café*. Tesis. INTA, Managua, Nicaragua. Pág. 6 y 9.
- Coste, R. (1975). *El café*. Nadrid, España. Edit. Blume.
- Comité Departamental de Antioquía. (1991). *El beneficio del café*. Colombia. 209. p.
- Coll, J. B.; Gregorio, N. R. (2005). *Fisiología Vegetal*. Ed. Pirámide. 566 pp.
- Cubero, D. y Vieira, M. (1999). *Abonos orgánicos y Fertilizantes químicos ¿Son compatibles con la agricultura?* Ed. CIAT.
- Fageria, N. K. (1997). *Growth and mineral nutrition of field crops*. (Segunda Edición). Editorial Marcel dekker. Nueva York, Estados Unidos de América.
- Fischerworrng, B. y Robkamp, R. (2001). *Guía para la caficultura ecológica*.
- Fregoni, M. (1986). *Some aspects of epigeal nutrition of grapevines*. pp. 205-21 1. In: A. Alexander (ed.). *Foliar fertilization. Proceedings of the First International Symposium of Foliar Fertilization by Schering Agrochemical Division*. Berlin.
- Gañarc-Marco, S.; T Orreblanca, A. y Lucena, J. J. (2006). “*Chromatographic Determination of Fe Chelated by Ethylenediamine-N-(OHydroxyphenylacetic)-N’-(p-Hydroxyphenylacetic) Acid in Commercial EDDHA/Fe³⁺ Fertilizers*”, J. Agric. Food Chem, 54, pp. 1380-138
- García, N. (1988). *Cafetales y Café*. Caracas: M.A.C. 225 p.
- Garcidueñas, R. M. (1979). *Fisiología vegetal apliocada*. 2da Editorial McGraw Hill. México. 262 p.
- Giskin, M. L., A. Trinidad S. y J. D. Etchevers. (1984). *Can the foliar application of essential nutrients decrease fertilizer inputs?* Act. VI. International Colloquium for the Optimization of Plant Nutrition. Vol. 1:239-242. Montpellier, France.

- Hammer, G. L.; Carberry, P. S.; Muchow, R. C. (1993). *Modeling genotypic and environmental control of leaf area dynamics in grain sorghum*. I. Whole plant level. *Field Crops Research* 33:293-310.
- Hansen, N. C.; Hopkins, B. G.; Ellsworth, J. W. y Olley, V. D. (2006). “*Iron Nutrition in Field Crops*”, en Barton, L. L. y Abadía, J. (eds.): *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, pp. 23-59.
- Havlin, J. J.; Beaton, J. D.; Nelson, W. L. (1999). *Soil fertility and fertilizers; an introduction to nutrient management*. 6. Ed. Upper Saddle River (Estados Unidos), Prentice Hall. 499 p.
- Holdridge, H. L. (1970). *Clave ecológica del Perú*. Zonas de vida. Centro Tropical de Investigación y Enseñanza. Lima, Perú. 367-368 p.
- Hodgson, J.F.; Lindsay, W.L. y Kemper, W. D. (1967). “*Contribution of Fixed Charge and Mobile Complexing Agents to The Diffusion of Zinc*”, *Soil. Sci. Soc. of Amer. Proc.*, 31, 1967, pp. 410-413.
- ICAFE (Instituto del Café De Costa Rica, CR). (1998). *Manual de Recomendaciones Para el Cultivo Del Café*. 1 ed. Heredia, Costa Rica. ICAFE-CICAFE, Unidad de Producción Agrícola. 193 p.
- Jaramillo, A. (1982). *Balance hídrico de la zona cafetalera colombiana*. Chiunchiuná, Caldas, Colombia. Federación Nacional de cafetaleros de Colombia. CENICAFE. 33(1):15-34. Ecuador.
- Knepfer, T. P. (2003). “*Synthetic Chelating Agents and Compounds Exhibiting Complexing Properties in the Aquatic Environment*”, *Trac-Trends Anal. Chem.*, 22, pp. 708-724.
- Korcak, R. F. (1987) “*Iron Deficiency Chlorosis*”, *Horticultural Reviews*, 9, pp. 135-186.
- Laboratorio de Suelos y Aguas de la FCA-UNSM-T. (2015). *Análisis físico-químico de suelo*.
- Larbi, A.; Morales, F.; Abadía, J. y Abadía, A. (2003). “*Effects of Branch Solid Fe Sulphate in Plants on Xylem Sap Composition in Field-Grown Peach and Pear: Changes in Fe, Organic Anions and pH*”, *J. Plant Physiol*, 160, pp. 1473-1481.

- Lucas, E.L. y Knezek, B.D. “*Climatic and Soil Conditions Promoting Micronutrient Deficiencies in Plants*”, en *Micronutrients in Agriculture*, Soil Sci. Soc. Amer., Madison, WI, pp. 265.
- Lucena, J. J. (2006). “*Synthetic Iron Chelates to Correct Iron Deficiency in Plants*”, en Barton, L. L. y Abadía, J. (eds.): *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2006, pp. 103-128.
- Malavolta, E. (1986). *Nutricio adubacao e calagen para caffeeiro*. En: *Cultura de caffeeiro*. Ed. Por M.G. Pocos de Caldas, Paracicaba, Brasil. Associacao Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato. Pp. 165-274.
- Malavolta, E. (2000). *História Do Café No Brasil*. Editora Agronomica Ceres. Sao Paulo. 456 p.
- Marschner, Horst. (1986). *Mineral Nutrition of Higher Plants*. Institute of Plant Nutrition, University of Hohenheim, Academic Press, Inc., Londres.
- Mengel, K. y Geurtzen, G. (1988). “*Relationship Between Iron Chlorosis and Alkalinity in Zea Mays*”, *Phisiologia Plantarum*, 72, pp. 460-465.
- Mortveldt, J. J. (1979). *Micronutrient Technology and use in the United States, presentado durante el India/FAO/Norway Seminar on Micronutrients in Agriculture*, Nueva Delhi, sept. 17-21.
- Ojeda, D. L.; Reyes, A.; Ramírez, H.; Lagarda, A.; Chávez, F-J.; Uvalle, J. X.; Rivero, R. M. y Romero, L. (2003). *Uso eficiente de la fertilización nitrogenada en el cultivo del nogal pecaner *Carya illinoensis* (Wangenh)*. K. Koch, Granada, España.
- Ortiz, M.O. (1978). *Manual de suelos y fertilización de café*. En: *Revista Cafetera ANACAFÉ*. No. 177; p. 11-42.
- Palma, M. R. (1991). *Estimación de los requerimientos de fertilización del café (*Coffea arabica* L.) a partir del diagnóstico químico del suelo*. XIV Simposio de Caficultura Latino Americana, Mesa de Trabajo: Suelos, Fisiología y Beneficiado. PROMECAFE. Panamá.
- Plancarte M., I. (1971). *Fertilización fosfatada al suelo y follaje de maíz en dos suelos de Ando bajo condiciones de invernadero*. Tesis Profesional. ENA. Chapingo, Méx.

- Raju, R. V.; Raddhakrishnan, S.; Venkataramanan, D. Rishnamurthy, W. R. (1991). *Leaf area determination in Coffea arabica L.* Central Coffea research Institute. J. Coffea res.21(2):109-117.
- Rodríguez, M. N. N.; Alcantar, G. G.; Aguilar, S. A.; Etchevers, B. J. D; Santizó, R. J. A. (1998). *Estimación de la concentración de nitrógeno y clorofila en tomate, mediante un medidor portátil de clorofila.* Terra 16 (2): 8135-141.
- Rosenthal, W. D.; Gerick, T. J. (1991). *Radiation use efficiency among cotton cultivating.* Agronomy Journal (EUA). 83:655-658.
- Sánchez, R. C. (2005). *Cultivo, producción y comercialización del café.* Perú. Ediciones RIPALME.
- Sadeghian, K. H. Gaona, J. S. (2005). *El suelo: formación y conservación. In: aula virtual cafetera.* Programa de capacitación virtual. Nivel 1: fundamentos agronómicos. Editado en: Chinchiná (Colombia), Cenicafe-FNC-Fundación Manuel Mejía Sena.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología (SENAMHI). (2015). *Datos meteorológicos de la Estación CO-Tocache (Huánuco).* Temperatura media mensual, precipitación total mensual y humedad relativa media mensual de los meses de junio a diciembre de 2015. Dirección Regional de Huánuco-Perú.
- Shenker, M. y Chen, Y. (2005). *“Increasing Iron Availability to Crops: Fertilizers, Organo-Fertilizers, and Biological Approaches”*, Soil Sci. Plant Nutr. , 51, 2005, pp. 1-17.
- Swietlik, D.; Faust, M. (1984). *Foliar nutrition of fruit crops.* Horticultural Reviews 6:287-355.
- Taiz, L. y Zeiger, E. (2007). *Fisiología Vegetal.* Volumen II. Ed. Universitat Jaume. 1907, pp.
- Tecnologías Campesinas del Café (CETEP) (1997). *Selección de semillas, germinadores y viveros de café.* (Folleto). Barquisimeto.
- Tisdale, S. W., W. L. Nelson y J.D. Beaton. (1985). *Soil fertility and fertilizers.* MacMillan Publishing Co. New York, NY. USA.
- Trinidad S., A., R. Núñez E y F. Baldovinos de la P. (1971). *Aplicaciones foliares de Fe, Mn, Zn y Cu en los árboles de durazno.* Memorias del V Congreso Nacional de la Ciencia del Suelo, Guadalajara, Jal.

- Valencia, G. A. (1973). *Relación entre el índice de área foliar y la producción del cafeto*. Cenicafe. P. 79-89.
- Vasconcelos, M. y Grusak, M. A. (2006). “*Status and future Developments Involving Plant Iron in Animal and Human Nutrition*”, en Barton, L. L. y Abadía, J. (eds): *Iron Nutrition in Plants and Rhizospheric Microorganisms*, Springer, Dordrecht, The Netherlands, 2006; pp. 1-22.
- Verhagen, A. M. W.; Wilson, J. H.; Britten, E. J. (1963). *Plant production in relation foliaje illumination*. Annals of botany (Inglad). 27(108):628-640.
- Watson, D. J. (1952). *Physiological of variation in yield*. Advances in Agronomy, San Diego, V.4, p. 101-144.
- Wood, B. W. (2002). *Late Nitrogen Fertilization in Pecan Orchards/A Review*. en Proceedings 36th, Western Pecan Conference.

Linkografía

- <http://infocafes.com/descargas/biblioteca/349.pdf>
- http://www.misti.com.pe/web/images/stories/catalogo/doc/foliares/FTecn7001-Aquamaster_N.pdf
- <http://dev.moragues.pe/tqc/wp>
- <http://www.silsa.com.pe/intranet/InformacionProductosLimpieza/HOJASEGURIDAD/HOJA%20DE%20SEGURIDAD%20DEL%20ABONO%20FOLIAR%20905005.pdf>.
- <http://www.anacafe.org/glifos/index.php?title=16TEC>.
- <http://www.silsa.com.pe/intranet/InformacionProductosLimpieza/HOJASEGURIDAD/HOJA%20DE%20SEGURIDAD%20DEL%20ABONO%20FOLIAR%20905005.pdf>.
- http://www.plmlatina.com.pe/deaq/src/productos/4890_43.htm.
- http://www.mag.go.cr/congreso_agronomico_xi/a50-6907-III_163.pdf.